LA TERRA

TRATTATO POPOLARE

DI

GEOGRAFIA UNIVERSALE

Digitized by Google

Digitized by Google

LA TERRA

TRATTATO POPOLARE

DI

GEOGRAFIA UNIVERSALE

PER

G. MARINELLI

ED ALTRI SCIENZIATI ITALIANI

OPERA DEDICATA ALLA

SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA

VOLUME I

GEOGRAFIA MATEMATICA E FISICA

PER

G. MARINELLI - G. G. AGOSTINI
P. DURAZZO - G. MERCALLI - E. MILLOSEVICH
G. ROBERTO - A. STOPPANI

Illustrato da 500 incisioni
E
da 30 tavole

ANTICA CASA EDITRICE
DOTTOR FRANCESCO VALLARDI
MILANO, Corso Magenta, 48.

NAPOLI	BOLOGNA	FIRENZE	ROMA	TORINO
Monteoliveto, 70.	Farini, 10.	Alfani, 41.	Convertite, 5.	Carlo Alberto, 5.

Digitized by Google

PROPRIETÀ LETTERARIA

Stab. dell'Antica Casa Editrice Dott. Francesco Vallardi (Milano, Corso Magenta, 48).

Digitized by Google

INDICE METODICO

GEOGRAFIA MATEMATICA

LIBRO I. — Cielo e Terra.

CAPITOLO I. Le stelle (pel prof. G. Marinelli), pag. 1-45.

Sommario. — Stelle fisse e pianeti. — Costellazioni antiche. — Nomi delle costellazioni. — Nuove costellazioni. — Costellazioni circumpolari. — Costellazioni zodiacali. — Orientazione nel cielo. — Costellazioni visibili in varî mesi. — Cumuli stellari. — Nebulose e via Lattea. — Designazioni delle stelle. — Insufficienza delle costellazioni. — Sfera celeste. — Determinazione esatta delle stelle. — Coordinate celesti. — Primi cataloghi stellari. — Cataloghi di precisione. — Cataloghi recenti. — Globi e carte celesti. — Numero delle stelle. — Stelle visibili nei telescopî. — Scandagli dell'Herschel. — Potenza visiva. — Grandezze stellari. — Statistica delle stelle. — Rapporti fotometrici. — Colori delle stelle. — Cataloghi di stelle colorate. — Scintillazione delle stelle. — Stelle nuove; temporarie; variabili. — Distribuzione delle stelle variabili. — Stelle doppie e loro numero. — Stelle multiple. — Satelliti stellari. — Distribuzione e colori delle multiple. — Gruppi e nebulose. — Nebulose irregolari. — Nebulosa di Orione. — Nebulose spirali; planetarie; elittiche. — Variabilità e distribuzione delle nebulose. — Moti propri stellari. — Traslazione del sistema solare. — Deriva di stelle. — La luce e i moti stellari. — I precursori della spettroscopia. — Ricerche spettrali. — Principî della spettroscopia. — Tipi stellari. — Grandezza dell'Universo. — Misure di distanze. — La parallasse. — Parall. stell. od annua e sua determinazione. — Le prime parall. stellari. — Distanze stellari. — Distanza delle stelle di varia grandezza. — I moti propri e le distanze stellari. — Ignota grandezza reale delle stelle. — Ordinamento dell'Universo. — La zona delle stelle lucide. — Distribuzione e densità delle stelle. — Le nebulose e la Via Lattea. — Ipotesi sulla struttura dell'Universo. — Gli anelli Lattei. — Probabile struttura dell'Universo e sue ignote dimensioni.

CAPITOLO II. Il sole (pel prof. G. Marinelli), pag. 46-85.

Sommario. — Il sole e il suo aspetto. — Il sole nell'antichità. — Prima parallasse solare. — Varie parall. e misure indirette della distanza solare. — I pianeti e la parall. solare — Venere e la parallasse. — Le perturbazioni planetarie e la parall. — La velocità della luce e la parall. — Distanza e grand. reale del sole. — Sua deformazione. — La rifraz. atmosferica e le illusioni in astronomia. — Diametri e forma vera del sole. — Massa del sole e sua determinazione. — Peso del sole. — Gravità alla sua superf. — Varie accidentalità solari. — Le macchie solari: scoperta, aspetto, forma, dimensiosi, trasformazioni e movimenti. — Concavità delle macchie. — Le macchie e la rotazione solare. — Movimento complicato delle macchie. — Periodi delle macchie e cause che li producono. — Protuberanze e corone solari. — Cromosfera. — Protub. tranquille ed eruttive. — Il sole e le ricerche spettrali. — Sostanze solari. — Stato della materia nel sole. — Costituz. del sole. — Radiazioni solari. — Luce del sole. — Splendore intrinseco. — Vario splendore delle sue parti. — Radiaz. termiche. — Temper. del sole e sua costante. — Calore emesso dal sole. — Varia temper. delle sue parti. — Temper. delle macchie solari — Le macchie e la temp. terrestre. — Radiaz. chimiche. — Varia potenza chim. delle parti solare. — Magnetismo solare. — Le macchie e il magnetismo. — Enorme energia solare. — Costanza del calore solare e compensazione delle sue perdite. — Costanza della energia solare. — Teoria dello Siemens.

Digitized by Google

CAPITOLO III. **Il sistema solare** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 86-127.

SOMMARIO. — 1. Il sistema di Tolomeo e i Tolemaici. — Corpi componenti il sistema solare. — Scoperta dei corpi planet. — Precursori del Copernico. — Sist. copernicano. — Sist. di Ticho Brahè. — Galileo e il sist. copernicano. — Le leggi del Keplero. — Il Newton e la gravitazione universale. — Le leggi della gravit. univ. — La caduta di un corpo intorno la Terra. — Accordo fra le varie leggi. — Il probl. dei tre corpi. — 2. Regola del Bode. — Distinzioni dei pianeti. — Loro grand. reale e forma. — Grand. apparente dalla Terra e dal sole. — Congiunzione ed opposizione. — Fasi di alcuni dei pianeti. — Albedo. — Il sole visto dai pianeti. — Massa e densità dei pianeti. — Rivoluz. siderea e sinod. dei pianeti. — Velocità lineare ed angolare. — Moto diretto e retrogr. — Staz. e retrogradazioni. — Elementi dei pianeti. — 3. Pianeti intramercuriali. — Vulcano. — Mercurio. — Venere: suo aspetto, atmosfera e preteso satellite. — Marte: superficie e topografia. — I satelliti di Marte. — I pianetini e loro elementi. — Larghezza della loro zona. — Numero, aspetto, dimensioni dei pianetini. — Giove e suoi elementi. — Forma, aspetto, macchie e costituz. di Giove. — Sue analogie col sole. — I satelliti di Giove e loro elementi. — La luce e le lune di Giove. — Saturno e suo aspetto. — Anello di Saturno, sue dimens. e costituz. — Satelliti di Saturno. — Urano e sua costituz. — I satelliti di Urano. — Nettuno, sua scoperta ed aspetto. — Satellite di Nettuno.

CAPITOLO IV. **Le comete e le meteore cosmiche.** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 128-167.

SOMMARIO. — 1. Il mondo cometario. — I terrori per le comete. — Le comete: loro caratteri, forma, variazioni nei nuclei e nelle code. — Loro orbite. — Velocità e periodi. — Elementi delle comete. — La cometa dell'Encke e il mezzo resistente. — La cometa del Biela e gli sdoppiamenti cometari. — La cometa del Lexell. — Comete celebri: del 1811, del 1843, del Donati, del 1861, del 1862, del 1874, del 1880 e 1881, del 1882, dello Schmidt. — Statistica e numero delle comete. — Distribuz. delle comete. — Massa, luce e costituz. delle comete. — Loro spettri. — Effluvî cometari. — Costit. delle code comet. — Le com. e la forza ripulsiva. — 2. Meteore luminose. — Le stelle cadenti: altezza e velocità. — I bolidi. — Scoppi e temper. dei bolidi. — Meteoriti e loro specie. — Periodi delle stelle cad. — Pioggie meteoriche. — I radianti. — Frequenza diurna ed annua delle cadenti. — Leonidi; Perseidi; Andromedeidi. — Correnti meteoriche. — Traiettorie paraboliche delle cadenti. — Le comete e le stelle cadenti. — Formaz. delle correnti meteor. — Provenienza delle comete. — Sistema cometario. — Influenze delle comete. — 3. La luce zodiacale e sua descriz. — La luce d'opposizione. — Visibilità della luce zodiac. — Sua natura. — Ipotesi e odierne ricerche sulla luce zodiacale.

LIBRO II. — La Terra e il suo satellite.

CAPITOLO I. **La Terra, la sua figura e i suoi movimenti** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 168-212.

SOMMARIO. — 1. Rotondità e sferoidicità della Terra. — Curvat., allargam. e depress. dell' orizzonte. — L' orizzonte e la grandezza terr. — I grandi viaggi e la forma terr. — Metodi di misura della Terra. — Fig. elittica del meridiano. — Il pendolo e la fig. della Terra. — Il pendolo e la gravità a varie latitudini. — Lo schiacciam. polare. — La forma del globo e le ineguaglianze lunari. — La Terra e il sistema metrico. — Dimens. della Terra. — Elementi dello sferoide sec. il Bessel. — Grand. della Terra. — Elisse equator. — Anormalità del geoide. — 2. Densità terrestre e metodi per determinarla. — 3. La rotaz. terrestre e le sue prove: caduta dei gravi a levante; gli spostam. ferroviari; il pendolo del Foucault. — La rivoluz. terrestre. — Spostam. del sole fra le stelle. — L'aberraz. della luce e la rivoluz. terrestre. — Giorno sidereo, solare e civile. — Eccentricità dell'orb. terrestre: afelio e perielio. — Tempo medio. — Obliq. dell'eclittica. — Circ. d' illuminazione. — Solstizî ed equinozî. — Tropici e circ. polari. — Zone terrestri. — Varia durata dei giorni. — Varia durata delle stagioni. — Crepuscolo astron. e civile. — 4. Diminuz. dell'obliq. dell'eclitt. — Variaz. dell'eccentr. dell'orbita. — Spostam. del perielio terrestre e suoi effetti. — Anno sidereo e trop. — Precess. degli equinozî. — Spostam. della polare. — Nutazione terrestre. — Spostam. dell' asse terrestre. — 5. I punti cardinali. — I quadranti e la rosa dei venti. — Modi di orientarsi. — Equatore, paralleli e merid. terrestri. — Latitud. e longitudine. — Primo merid. — Meridiani principali. — Determ. della latitud. — Latit. geograf. e geocentrica. — Determ. della longitud. — Le ore locali. — La separaz. delle date e l'ora univers. — 6. Il metro. — Il miglio geografico. — Varie unità di misura. — La rappresentaz. grafica della Terra. — Projez. e carte geografiche (1).

(1) V. le Appendici 1.ª e 2.ª, a pag. 885 e 890.

Digitized by Google

CAPITOLO II. **La Luna** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 213-232.

SOMMARIO. — 1. La luna: sua distanza, grandezza e movimenti. — Libraz. lunari. — Fasi lunari. — Luce cinerea. — Rivol. sinodica e siderea della luna. — Vera figura dell'orbita lun. — Equaz. del centro. — Equaz. annua della luna. — Retrogr. dei nodi lun. — 2. Giorno lun. — Le maree e loro teoria. — Marea lunisolare. — 3. Le eclissi lun. e sol. — Grand. dell'eclissi sol. — Fenomeni dell'eclissi lun. e sol. — Cicli lun. e periodi nell'eclissi. — 4. Topogr. lunare: mari, montagne, crateri e circhi lunari. — Altezza dei monti lunari. — Scanalature. — Variaz. ed alteraz. sulla superf. della luna. — Sostanze, luce, calore ed atmosf. lunari. — 5. Presunte e reali influenze lunari. — Chiusa della geogr. matematica.

GEOGRAFIA FISICA

LIBRO I. — Continenti ed isole.

CAPITOLO I. **Armonie terrestri** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 233-272.

SOMMARIO. —. 1. Fasi del globo. — Sua densità interna e costituz. generale. — 2. Morfologia sistematica. — — Le terre e le acque nel complesso e nei vari emisferi. — Le parti del globo. — Superf. delle terre. — Emisf. continent. ed oceanico. — Circoli di simmetria. — I frammenti delle terre. — 3. Continente ed isola. — Le maggiori isole. — Il più picc. dei contin. — Le penisole. — Isole e penisole. — Articolazioni dei continenti. — 4. Lo sviluppo di coste. — Formule per designarlo e loro difetti. — Zona costiera. — 5. Contrasti fra i continenti. — Loro massime dimensioni. — Loro forme tricuspidali. — Coppie ed appendici continentali. — *Similitudines physicae in configuratione mundi.* — Morfologia fantastica. — Teoria dell'Adhémar. — 6. Sistema pentagonale. — Teoria del Green. — Tetraedro terrestre e sua torsione. — 7. Forme e classific. delle isole. — Cause di loro formazione. — Isole continentali ed isole prossime ai continenti. — 8. Reliquie di contin. sommersi. — L'Atlantide. — Isole vulcaniche antiche e recenti. — Is. vulcan. miste. — 9. Isole di origine animale. — Is. coralline. — Morfologia degli atolli. — Condiz. di vita nei coralli. — Isole a diga. — Spiagge madreporiche. — Teoria della formaz. delle isole coralline. — Aree di depressione.

CAPITOLO II. **Pianure e montagne** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 273-330.

SOMMARIO. — 1. Il globo e le montagne. — Le montagne nell'antichità. — Errori sulle altezze delle mont. — Il concetto dell'altitudine. — Il piano comune di livello. — Il liv. del mare. — Dislivelli fra i mari. — Incostanza del liv. marino. — Liv. medio del mare. — Altezza assol e relat. — Metodi per la misura delle alt. — Mis. trigonom. — Ascensioni di mont. — Mis. e formule barometriche. — Quote d'altezza. — Altim. comparata. — Profili orografici — Scala del Lehmann. — Curve di livello e carte a piani quotati. — 2. Altit. medie dei contin. — Effetto e volume dei contin. — Equilibrio fra terre ed acque. — 3. Bassopiani ed altop. e loro limiti. — Loro estens. superf. — Corologia dei bassopiani. — Bassopiani asiatici ed europei. — Minori pianure asiatiche. — Pianure e depress. africane. — Gli sciott tunisini. — Pianure e depressioni americ. — L'« Inter. valley of north America ». — Bassop. dell'Amazzoni. — Minori pian. dell'Amer. merid. — 4. Varie sorta di altopiani. — Alcune massime altitud. — Altipiani delle Ande. — Altip. asiatici: Iran, Pamir, Tibet, Han-hai. — Minori altip. asiatici. — 5. Le pianure e la natura del suolo. — Orizzontalità delle pianure. — Formaz. delle pianure. — Il vento e le dune. — Varie sorta di pianure. — Le *savane* dell'Amer. Settentr. — I *llanos* dell'Orenoco. — La *pampa* argentina. — Le *silvas* o *bosques* dell'Amazzoni. — Le *tundras* delle regioni artiche. — Il *tarai* indiano. — 6. Monte e montagna. — Uso del vocabolo *monte*. — Colle e monte. — Varî ordini di montagne. — Gruppi, catene e giogaie. — Sistemi di montagne. — Figure dei gruppi di mont. — Cat. princip. e second. — Inclin. delle mont. e delle catene. — Nomenclatura orografica. — Nomencl. e figure delle cime. — Varchi e spartiacque. — Vette più elevate del globo e loro distribuzione. — Altitud medie delle cime, dei varchi, delle catene. — Volumi ed effetti delle catene. — La legge degli sbocchi. — I varchi e le sorgenti. — I varchi ed i fiumi. — L'« ossatura globi ». — I « sistemi orografici » di Elia de Beaumont.

Digitized by Google

CAPITOLO III. (pel prof. ANT. STOPPANI).

PARTE PRIMA. **Nevi e ghiacciai terrestri**, pag. 331-359.

SOMMARIO. *Proemio storico.* — Il terreno erratico. — Precursori. — Venetz e Charpentier. — *Nevi e Ghiacci.* — Nevi persistenti e loro livello. — I *ghiacciai.* — Sistemi di ghiacciai. — Liv. dei ghiacciai. — Rapporti orografici. — Le tre regioni del giacciaio. — Forma della superficie. — Idrogr. glaciale. — La porta del ghiacciaio. — Le morene. — Mor. later. e front. — Il ghiacc. tipico di Pasterze. — Deschi del ghiacc. — Vano laterale. — Movim. del ghiacc. e sue leggi. — Leggi idrauliche. — Plastic. del ghiacciaio. — Esper. su tale plasticità. — Formaz. dei campi di neve. — Passaggio da neve a ghiaccio. — Tondeggiamento, crepacci, limiti dei ghiacc. — Loro oscillaz. — Orig. del detrito e formaz. delle morene. — Confluenze, rilievo, ingrandim. delle morene. — Rigetto dei ghiac. — Massi angolosi e ciottoli striati. — Morene confluenti e frontale. — Il belvedere di Macugnaga. — Effetti delle oscillazioni. — Anfiteatri morenici. — Morene laterali e d'ostacolo. — Apparato morenico. — Azione erosiva. — Rocce lisciate arrotondate. — Alluvioni ed irruzioni fluvio-glac. — Laghi glaciali. — Cataclismi.

PARTE SECONDA. **La ghiaccia polare**, pag. 360-381.

SOMMARIO. *Ghiacci polari.* — Ghiacci boreali. — Ghiacci e libero mare. — Temperat. del mar glaciale. — Assenza di una barriera di ghiaccio. — Ghiacci australi. — Dimens. delle due ghiacce. — La barriera antartica. — Anello di mare libero. — Falsa idea del mare glaciale. — Gelo e disgelo. — Orig. terr. della ghiaccia marina. — Ghiacciai delle terre polari. — Genesi delle montagne di ghiaccio. — Ghiacciai nei fiords groenland. — Lotta col mare. — Formaz. di alcuni icebergs. — Genesi della ghiaccia boreale. — Il libero mare del polo. — Il polo del freddo. — Continente polare antart. — Natura della barr. antart. — La sproporzione fra le due ghiacce. — Uniform. del clima antartico. — Effetti delle corr. marine. — I climi. polari. — Secchezza del clima artico. — Umidità del clima antart. — L'aria dei due emisferi. — Conclusione

CAPITOLO IV. **Acque continentali. Sorgenti. Fiumi. Laghi. Stagni.**

(pel prof. G. MARINELLI), pag. 382-462.

SOMMARIO. — 1. Circolazione atmosferica. — Origine delle fonti. — Acque d'infiltrazione. — Origine di alcune sorgenti. — Sorg. del Veneto orient. — Il Timavo. — Idrografia sotterr. — Altitud. delle sorgenti. — Fonti sottomarine. — Fonti zampillanti. — Pozzi modenesi o artesiani. — Fontane intermittenti. — Temper. delle sorgenti. — Sorg. termali. — Temp. del sottosuolo. — Calore delle sorgenti. — Loro purezza. — Sorgenti minerali. — Stallattiti e stalagmiti. — Caverne celebri. — Fiumi sotterranei — 2. Nomenclatura fluviale. — Fiumi e ruscelli. — Fiumi princip. e tribut. — Nomi propri dei fiumi. — Spartiacque, biforcaz. e « portages ». — Bacini fluviali e loro estens. — Idrografia fluviale delle varie parti del globo. — — Lunghezza dei fiumi principali. — Curve dei fiumi — Cadute e pendenze dei fiumi. — Varî tronchi. Fiumi a varî bacini. — Rapide e cascate. — Cascate più celebri e più alte. — Erosioni e retrocessioni delle cascate. — Velocità e portata dei fiumi. — Alteraz. nelle portate. — Rapporto fra la pioggia e la portata. — Dispersione delle acque piovane. — Composiz. delle acque fluviali. — Loro colore. — Forza delle acque torrentizie. — Talus di deiezione. — Frane e scoscendimenti. — Frane permanenti e torrenti di fango — Erosioni fluviali. — Valli incassate. — I cañons dell' America. — Terrazzamento. — Innalzam. del letto dei fiumi. — Orig. di alcune curve fluviali. — I meandri. — La legge del Baer. — 4. I ghiacci fluv. — Barraggi vegetali. — Piene e innondazioni e loro cause. — I diboscamenti. — Le arginature e i loro effetti. — — Odierna frequenza e gravità delle rotte. — Mutaz. nei corsi dei fiumi. — Costanza delle linee idrograf. — 5. Foci fluviali. — Delta ed estuari. — Materiale trasport. dai fiumi. — Barre alle foci. — Delta senza biforcaz. — Delta di ritorno. — Accrescim. dei delta. — Delta più notevoli. — Delta del Po, del Rodano, del Gange e del Mississippi. — Potenza, numero e distribuz. dei delta. — 6. I laghi e loro classificazione — Loro origine. — Laghi d'ostruzione. — Laghi morenici. — I laghi lombardi e i fiords. — I valli-fiords norvegesi. — Salsedine dei laghi. — Il mar Morto e il lago di Tiberiade. — Il Caspio e sua salsedine. — I laghi relicti. — 7. Estens. proporzion. dei laghi. — Laghi e stagni. — Altit. e profond. dei laghi. — Laghi prosciugati. — Laghi in aumento. — Colore delle acque lacustri. — Piene lacustri. — Correnti. — Temperatura dei laghi. — Corologia dei laghi. — 8. Le paludi. — Le paludi e i fiumi. — Torbiere. — Formaz. della torba. — Terre nere. — Torbiere americane. — Valli e lagune venete. — Maremme italiane.

CAPITOLO V. (pel prof. GIUS. MERCALLI). PARTE PRIMA. **Vulcani e fenomeni vulcanici**, pag. 463-503.

SOMMARIO. — Gli antichi e l' eruzioni vulcan. — Plutonisti e nettunisti. — Il monte Nuovo. — Formaz. del Jorullo. — L'Izalco. — Cos'è un vulcano. — Crateri di sollevamento. — Struttura di un cono vulcanico. — Eruzioni di lava in massa. — Intermittenza dell' eruz. — Eruz. centrali ed eccentriche. — Classificaz. dell'eruzioni. — Eruz. pliniane. — L' Etna nel 1669. — Il Vesuvio nel 1631. — Eruzioni stromboliane. — Attività stromboliana. — Parossismi strombol. — Eruz. vesuviane. — Il Vesuvio nel 1872. — L'Etna nel

Digitized by Google

1874. — Eruz. del Cracatoa. — La solfatara di Pozzuoli. — Attività di solfatara. — L'is. Vulcano. — Solfatare più conosciute. — Forma delle montagne vulcan. — Crateri aperti. — Vulcani a recinto. — Vulc. sottomarini. — L'is. Giulia. — Isole vulcan. — Condotta delle eruzioni. — Gaz e vapori eruttati. — Le lave — Materie detritiche. — Lave di fango. — Vulcani attivi e spenti. — Distribuz. geogr. dei vulcani. — Vulcani dell'oc. Pacifico. — Dell'Atlantico. — D'Africa e d'Arabia. — Fenom. vulcan. secondarî. — Vulcani d fango. — Salse dell'Emilia. — Vulc. di fango in Sicilia. — Vulc. di fango a vapore acqueo. — Geysers d'Irlanda. — Sorg. zampillanti o *laug.* — Teoria dei geysers. — Geyser della N. Zelanda. — Valle di Vaicato. — Parco nazionale negli St. Uniti. — Giantess geysers. — Geysers della California. — Soffioni boraciferi. — Mofette e putizze. — Cause dei fenom. vulcan. — Acqua e calore nei fenom. vulcan. — Presenza dell'acqua marina. — Meccanismo delle eruz. — Loro causa.

PARTE SECONDA. **I terremoti**, pag. 504-522.

SOMMARIO. — Cosa s'intende per terremoto. — Natura delle scosse. — Sc. rotatorie. — Intens. delle scosse. — Sismometri. — Movim. microsismici. — Repliche. — Centro ed epicentro. — Propagaz. del moto sismico. — Forma ed estens. dell' area sismica. — Profond. del centro. — Influenza della natura del suolo. — Rumori sotterr. — Fenomeni fisici. — Effetti meccanici. — Spaccature e sprofondam. — Ondate di mare. — Terremoti italiani più disastrosi. — Terremoti del 1783, del 1806 e del 1857. — Terremoti d'Ischia. — Terremoto di Lisbona. — D'Asia e d'America. — Cause dei terremoti. — Carta sismica d' Italia. — Studio cronolog. dei terremoti. — Influenza luni-solare. — Azione della press. atmosf. — Rapp. dei terrem. coi vulc. — Se i vulc. salvino dai terremoti.

CAPITOLO VI. **Le lente oscillazioni del suolo** (pel prof. G. MERCALLI), pag. 522-534.

SOMMARIO. — I bradisismi. — Bradisismi regionali e locali. — Cenni storici. — Lente oscillaz. nella Norvegia. — Mutam. di liv. nel mar Baltico. — Bradis. in Francia e in Italia. — Abbass. del Venéto e della Dalmazia. — Bradis. del N.° continente. — Oscill. del suolo dell'Oceania. — Bradis. locali. — Abbass. nelle coste del Volterrano. — Il tempio di Serapide. — Sommers. ed emers. del Serapeo. — Bradis. della costa di Baia. — Cause dei bradis. — Raffreddamento terrestre. — Metamorfismo delle rocce. — Bradis.i nell'interno dei contin. — Lentezza dei bradisismi. — Loro intermittenza. — Loro effetti. — Conclusione.

CAPITOLO VII. **La crosta del globo** (pel prof. ANT. STOPPANI), pag. 534-600.

SOMMARIO. — Ipotesi di Laplace. — Corpi semplici. — *I minerali.* — *Le rocce.* — *Rocce semplici.* — Rocce saline e carboniose. — *Rocce aggregate.* — *Rocce cristalline.* — *Rocce cristalloidi.* — *Le formazioni.* — *Formazioni stratificate fossilifere.* — Formaz. calcaree. — Dolomie e gessi. — Formaz. carbonifere. — *Rocce aggregate.* — Formaz. detritiche. — Sedimentazione marina. — Azione erosiva de mare. — Aggregazioni coerenti. — *Formaz. cristalloidi.* — *Formaz. massiccie non fossilifere.* — *Oscillaz. del globo.* — Sollevamenti. — Forme stratigrafiche. — *Cronologia e serie dei terreni.* — Epoche geologiche. — *Era azoica e protozoica.* — *E. paleozoica.* — Cambriano e siluriano. — Devoniano e suoi fossili. — Epoca carbonifera. — Foreste carbonifere. — *Era mesozoica.* — Terreni del Trias. — L'Infralias. — Epoca del Lias. — Rettili del Lias. — Epoca cretacea e suoi fossili. — *Era cenozoica.* — Eocene. — Miocene. — Pliocene. — *Era neozoica o glaciale.* — Antichi ghiacciai alpini. — Clima e fauna glaciali. — Cause dell'epoca glaciale. — Caverne ossifere. — Periodo dei terrazzi. — *Era antropozoica.* — *Cronologia del terreni eruttivi.* — Importanza delle rocce erutt. — Antichità del vulcanismo. — Cronologia endografica. — *Antagonismo tra le forze esterne ed interne.* — Degradazione e sediment. — Erosioni. — Agenti compensatori. — I vulcani. — Il sollevamento. — *Calore interno del globo.* — Esist. del calore centr. e sua teoria. — *Circolaz. sotterr. delle acque.* — Loro attività sotterr. — Orig. del clivaggio. — Clivaggio poliedrico. — Caverne stalattitiche. — Geodi e druse. — Genesi delle lave e dei filoni metalliferi. — *Teorica delle oscillaz. della crosta del globo.* — *Riepilogo.*

LIBRO II. — L'Oceano.

CAPITOLO I. **Gli spazi oceanici** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 601-640.

SOMMARIO. — 1. L'oceano e sue impressioni sulle prime genti. — Antica eponimia marittima. — Discorde epon. maritt. — Vecchie divis. dell'oceano. — Sue odierne divisioni. — Divisione prevalente. — Nomencl. marittima. — Nomencl. e divis. del Krümmel e del Supan. — Estens. superfic. dell'oceano. — Aree rispett. degli oceani. — Aree dei mari principali. — Il Pacifico. — L' Atlantico. — L'Indiano. — L'oc. glac. Antartico. — L'oc. glac. Artico. — Esplorazioni Artiche. — Coste mal rilevate. — 2. Prime ricerche batometriche — La batometria e le gomene sottomarine. — Esploraz. scientif. — Livello marino. — Deviaz. dalla curva normale. — Inclinaz. del fondo. — Vecchi e nuovi scandagli. — Loro difficoltà. — Morfologia.

Digitized by Google

del fondo marino. — Massime profond. marine. — Morfol. sottomar. dell'Atlantico. — Suoi rialti ed abissi. — L'altip. telegrafico. — Morfol. sottom. del Pacifico. — Suoi abissi. — Contrasti batometrici. — Morfol. sottom. dell'Indiano. — Dell'Antartico e dell'Artico. — Profond. medie e mass. degli oceani. — Le onde di maremoto e la profondità. — Profondità del Mediterraneo ed errori su tale soggetto. — Odierni scandagli. — Profond. della sua parte occident. — Profond. del Mediterr. orient. — Profond. dell'Adriatico. — Profond. di varî mari d'Europa. — Profond. di mari non europei. — Medie e mass. profond. dei mari. — 3. I fondi marini. — Potenza erosiva delle onde. — Azione erosiva delle maree e delle correnti. — L'erosione lungo le coste. — La demolizione delle spiaggie. — Diversa capac. delle coste ad essere erose. — I fiords e loro forme. — Loro sviluppo di coste. — Origine dei fiords. — Varie forme di costiere. — Sponde a picco. — Coste a scaglioni. — Spiaggie basse. — Il mare che riedifica. — Guadagni della terra sul mare. — 4. Fondi marini presso alle coste. — La vita nei fondi oceanici. — Le fanghiglie dei fondi. — Fanghi ed argille abissali. — Fanghiglie speciali.

CAPITOLO II. **Le acque marine** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 641-665.

SOMMARIO. — 1. Le acque marine e loro colore. — La salsedine e il coloramento del mare. — La vita e il col. de mare. — I fondi e il col. del mare. — La fosforescenza del mare e le sue cause. — Estensione dei mari di latte. — La trasparenza del mare. — 2. Salsedine marina. — L'ossigeno nell'acqua del mare. — Differenze nella salsed. marina. — Salsed. dei mari glaciali. — 3. La salsed. e la densità. — Salsed. a varie latitudini. — Salsed. dell'Atlantico. — Salsed. in varî oceani e a varie profond. — La salsed. e le correnti. — 4. Temperat. delle acque marine. — Concetti sistematici. — Temperat. critiche dell'acqua salata. — Temperat. e profondità. — Il mare e la temperatura. — Azione e rapporti termici scambievoli fra acqua ed aria. — Temperatura ed isoterme superficiali dell'Atlantico. — Isot. superf. oceaniche. — Temperat. a varie profondità. — Anomalie nell'andamento della temper. marina. — Temper. dei mari interni. — Temper. profonda del Mediterr. e di altri mari chiusi. — Isot. profonde dell'Atlantico. — Origine delle acque fredde profonde. — Lento moto delle acque profonde. — La temperat. e le barriere subacquee. — Temperat. dei fondi marini polari. — Le acque del fondo e l'Antartico. — Progressi dell'oceanografia.

CAPITOLO III. **I moti del mare.** (pel prof. A. STOPPANI), pag. 666-716.

SOMMARIO. — I. *Preliminari.* — Mobilità del mare. — Prime scoperte. — 2. *La calma.* — Motori del mare. — 3. *Onde* e *frangenti.* — Azione sedatrice dell'olio. — Esperienze e osservazioni. — Frangenti del lido. — Moti multiformi delle onde. — Altezza e lungh. delle onde. — Loro velocità. — 4. *Le maree e la loro teorica.* — Coefficienti delle maree. — Infl. della configuraz. orograf. — Linee cotidali isorachiche. — Applicaz. delle leggi idrauliche. — Effetti delle maree. — 5. *Le correnti oceaniche e la circolaz. marina.* — Teoria termoidraulica. — La corrente del Golfo. — La circolaz. dell'Atlant. settentr. — Correnti e controcorrenti artiche. — Circolaz. dell'Indiano e del Pacifico. — Circolaz. dell'Antartico, — Sintesi delle corr. oceaniche. — 6. *Il mar dei Sargassi.* — I sargassi. — Il gran sargasso. — L'idea del Maury. — I galleggianti sull'oceano. — Origine dei tronchi galleggianti. — Legname fluitato dalla corr. del Golfo. — Esperienze sulle corr. circolanti. — Teorica delle corr. circolanti. — Applicazione al mar de' Sargassi. — Condizioni favorev. ai Sargassi. — Sargassi dell'Indiano e del Pacifico. — Cause principali del mar de' Sargassi. — Diminuz. progress. del sargasso. — Correnti verticali. — 7. *Scambio delle acque tra i due emisferi.* — Azione motrice degli animali marini. — Necess. di uno scambio tra i due emisferi. — La zona dei coralli. — Apparato circolatorio delle acque. — Scambio d'acque da sud a nord. — 8. *Correnti mediterranee o di relazione tra mari comunicanti.* — Corr. di relazione. — Corr. tra il Baltico e il m. del Nord. — Corr. tra il Mediterraneo e l'Atlantico. — Stretto di Gibilterra. — Mare d'Azof e m. Nero. — Corr. dal m. Rosso all'Indiano. — 9. *Cicloni e trombe.* — 10. *Maremoti.*

LIBRO III. — L'Atmosfera.

CAPITOLO I. **L'oceano aereo.** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 717-734.

SOMMARIO. — 1. La geografia meteorologica. — Alt. dell'atmosfera. — Limite teorico dell'atmosfera. — Rarefaz. dell'aria in rapporto coll'altezza. — I crepuscoli e l'alt. dell'atmosf. — Le stelle cad. e l'alt. dell'atmosf. — 2. La chimica dell'aria. — L'aria e i suoi componenti. — L'acido carbon. nell'aria. — La vita e l'acido carbon. — Emanaz. endogene di ac. carbon. — Sostanze diverse nell'atmosfera. — Immondizie atmosferiche. — Polveri vulcaniche. — Polveri di sirocco. — Piogge e nevi rosse. — Provenienza delle polv. di sir. — Altre polveri meteoriche. — 3. Densità dell'aria. — Peso dell'atmosfera. — 4. Visibilità di oggetti lontani e trasparenza dell'atmosf. — Imperfetta traspar. atmosf. — Variabil. della traspar. atmosf. — Il diafanometro del De Saussure. — Colore dell'atmosfera. — Ipotesi sul coloram. dell'atmosfera. — Varî cianometri.

Digitized by Google

CAPITOLO II. **La temperatura** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 735-763.

SOMMARIO. — 1. Fonti del calore. — Calore delle stelle. — 2. Calore proprio del globo. — Costanza nella temperatura dei sotterranei. — Strato a temper. invariabile. — Zona a terreno gelato. — Temper. crescente colla profondità. — Profondità o gradiente geotermico. — Varî gradienti geotermici. — Anomalie nel gradiente geoterm. — La temper. nel pozzo di Sperenberg. — Gradiente geoterm. medio. — Esperienze praticate nelle gallerie. — Cenisio e Gottardo. — Geoisoterme e loro andamento. — Temper. interna del globo. — Infl. esterna del calore terrestre. — 3. Calore solare. — Cal. sol. al perielio e all'afelio. — La distanza del sole e la temperatura. — Assorbimento atmosf. dei raggi solari. — Loro obliquità. — Durata dei periodi d'insolazione. — Loro effetto. — Insolaz. a varie latitud. — 4. L'altitudine e la temper. — Diminuz. della temper. coll'altezza. — Differ. diminuz. di temper. coll'altezza. — Gli altopiani e la temper. — La temper. e le osserv. aerostatiche. — Le stagioni e la diminuz. della temper. — Inversione della temper. — 5. Periodiche variaz. della temper. — Suo periodo diurno. — Media temper. diurna. — Media temper. annuale. — Stagioni termiche e mesi caratteristici. — Giorni di temperatura estrema e media. — Escursioni termiche diurne e mensili. — Escursione annua fra massime e minime relative e assolute. — 6. Temper. medie normali. — Variabilità del clima. — Grandi oscillaz. nei climi. — Oscillaz. dei ghiacciai. — Le oscill. dei ghiacc. e la temperat. — Le oscillaz. dei ghiacc. e la piovosità. — Complessità del problema. — Le oscillaz. dei climi e la vita vegetale. — Discordanza nei fatti. — Costanza della temper. — Costanza probabile dei climi.

CAPITOLO III. **Il peso dell'atmosfera** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 764-778.

SOMMARIO. — La pressione atmosferica. — Il corpo umano e la pressione. — Pressione a varie altezze. — Altimetria barometrica e suoi errori. — La pressione e la latitudine. — La pressione nei due emisferi. — Meteorologia dinamica. — Variaz. diurna del barom. e sue cause. — Variaz. annua del barom. — Massimi e min. annuali. — Linee isobariche. — Gradienti barometrici. — Isobare del gennaio e del luglio. — Distribuz. della pressione sul globo. — Deviazioni dalle normali. — Forti depressioni barometriche. — Grandi cicli barometrici.

CAPITOLO IV. **I movimenti dell'atmosfera.**

PARTE PRIMA. **Venti e tempeste** (pel prof. G. MARINELLI), pag 779-803.

SOMMARIO. — 1. Il vento. — Antiche teorie. — Forza e velocità del vento. — Scale della forza del vento. — Sua variabilità. — Velocità di alcuni venti. — Velocità dei venti crescente coll'altezza. — Eccezionali violenze del vento. — 2. Danni prodotti dal vento. — Trombe e cicloni. — Trombe memorande. — Cicloni dei tropici. — Potenza di alcuni cicloni. — I tornados degli Stati Uniti. — 3. Periodo diurno ed annuo della velocità del vento. — 4. Direzione dei venti. — Loro rosa annua. — Media frequenza dei venti. — Venti periodici. — Brezze di terra, di mare, di monte e di valle. — Venti diurni e notturni. — Brezze dei laghi lombardi. — Le brezze e gli accidenti del suolo. — 5. Venti periodici di stagione. — Venti etesii. — Monsoni dell'Indiano. — 6. Venti locali. — Il samum del deserto. — Il sirocco in Sicilia. — L'harmattan ed altri venti desertici. — Il föhn e sua provenienza. — Föhn in regioni non alpine. — Altri venti locali. — Bora e pampero.

PARTE SECONDA. **Le leggi dei venti** (pel prof. GIUS. ROBERTO), pag. 804-809.

SOMMARIO. — Circolazione atmosferica. — Teoria del Maury. — Teoria del Burgois. — Leggi del Dove. — Variazioni nei venti regolari. — Limiti degli alisei. — Venti speciali.

PARTE TERZA. **Le leggi delle tempeste** (pel prof. GIUS. ROBERTO), pag. 810-819.

SOMMARIO. — Leggi isobariche e venti. — Anticicloni. — Cicloni. — Specie di moto proprio. — I cicloni nei due emisferi. — Vortici ad asse orizzontale. — Trombe. — Temporali nella valle del Po.

CAPITOLO V. **L'acqua nell'atmosfera** (pel prof. G. MARINELLI), pag. 820-851.

SOMMARIO. — 1. Il vapore nell'atmosfera. — Evaporazione in varie località. — L'evaporaz. e le cause locali. — Periodo diurno ed annuo dell'evaporaz. — 2. Umidità atmosf. — Tens. del vapore. — Distribuz. della tens. del vap. sul globo. — La tens. del vap. e la latitud. — Periodo annuo della tens. del vapore. — 3. L'umidità relativa. — Sua distribuz. orizzont. e vertic. sul globo. — Sua variaz. annua. — Eccezion. condizioni d'umidità. — 4. La nebbia. — La rugiada e sua formazione. — La brina. — 5. Le nuvole. — Fi-

Digitized by Google

gure e classificaz. delle nubi. — Nubi superiori ed inferiori. — Nubilosità e suoi periodi diurno ed annuo. — 6. La precipitaz. acquea e le sue varie forme. — Frequenza e quantità di precipitaz. — Periodo diurno ed annuo della pioggia. — Massimi e minimi annuali. — Variaz. della normale di piovosità a lunghi periodi. — Pioggie straordinarie. — Il punto più piovoso del globo. — 7. La pioggia e l'altitudine. — Pioggia a diverse altezze. — La piovosità e le montagne. — La pioggia e le dist. dal mare. — 8. Distrib. della piovos. sul globo. — La pioggia e la latitud. — Zone delle pioggie. — Piogge tropicali. — Altre zone piovose. — Zone delle pioggie in ogni stagione. — Zone prive di pioggia. — 9. La neve e i suoi cristalli. — Zone delle nevi. — Neve nelle zone temperate. — La neve e l' altitudine. — Neve nei mesi estivi. — 10. La grandine e suo periodo annuo. — Distribuz. della grandine sul globo. — I temporali e loro distribuz. sul globo.

CAPITOLO VI. **Magnetismo terrestre.** (pel prof. GIAN GIACOMO AGOSTINI), pag. 852-866.

SOMMARIO. — La bussola. — Declinaz. dell'ago magnetico. — Linee isogoniche. — Linee senza declinazione. — Variaz. secolari ed annue della declinazione. — Sue variaz. diurne. — Inclinaz. magnetica. — Intens. magnet. terrestre. — La Terra come un magnete. — Correnti telluriche e loro origine. — Perturbaz. magnetiche. — Aurore polari. — Loro estensione e modalità. — Loro periodicità. — Rapporti fra le aur. pol. e le perturb. magnetiche. — Origine delle aurore pol. — Nuove congetture sulle corr. telluriche. — Le macchie solari e le variaz. magnet. — Radiaz. term. solare e magnet. terrestre. — Influenza diretta del sole. — Unità delle forze cosmiche.

CAPITOLO VII. **Climatologia generale** (pel prof. ELIA MILLOSEVICH), pag. 867-884.

SOMMARIO. — Concetto del clima. — Valori medi climatici. — Climi astronomici. — Climi e atmosfera. — Intensità calorica. — Termometro. — Temperatura media. — Curve di temperatura. — Isoterme ed altitudine. — Riduzione della temperatura al mare. — Notabili differenze climatiche. — Cause che modificano le curve di temperatura. — Azione delle acque. — Climi moderati. — Climi eccessivi. — Azione delle catene di montagne. — Vegetazione e climi. — Nevi perpetue. — Azione dei venti. — I venti in climatologia. — Venti e burrasche. — Serenità. — Nebulosità. — Piogge. — Isonefe. — Azione dell'uomo sui climi. — Un riassunto. — Oceani e continenti. — L'emisfero australe. — Correnti marine. — Suddivisioni climatiche. — Elementi del clima di un paese. — Costanza dei climi. — Fatto astronomico importante. — Energia solare. — Zone e sub-zone climatiche. — Considerazioni speciali. — Estremi termici.

APPENDICE I. **La misura del grado** (pel prof. E. MILLOSEVICH), pag. 885-889.

SOMMARIO. — La figura della Terra. — Costanti moderne. — Come si opera la mis. del grado. — Parte geodesica nella misura. — La base e l'orientamennto. — Il metro. — Le grandi misure geodesiche. — Le deformaz. delle superf. di livello. — Il geoide. — La densità media della Terra.

APPENDICE II. **Le proiezioni geografiche** (pel prof. POMPEO DURAZZO), pag. 890-904.

SOMMARIO. — 1. Varie specie di proiezione. — 2. Prospettive. — 3. Projez. stereografiche. — Storia della projez. stereogr. — 4. Projez. ortografiche. — Loro storia. — 5. Projez. centrografiche. — 6. Projez. scenografiche. — 7. Sviluppi. — 8. Sviluppi cilindrici. — Carte ridotte. — 9. Projez. coniche. — 10. Sistemi convenzionali. — 11. Pseudo-prospettive. — 12. Projez. pseudo-cilindriche. — Projez. trapezoidale. — Projez. pseudo-coniche. — Projez. stellare.

Digitized by Google

PROSPETTI

		Pag.
Prospetto	I. Numero delle costellazioni sec. vari autori e in varie epoche	I
»	II. Costellazioni e numero delle stelle visibili ad occhio nudo fino alla 6-7ª gr., secondo l'Heis. Cielo stell. settentr. Idem, fino alla 7.ª gr., sec. il Gould. Cielo stell. merid.	ivi
»	III. Posizioni medie di alcune stelle principali a 1.° genn. 1883	II
»	IV. Elenco dei più potenti telescopi	III
»	V. Valore fotometrico di alcune fra le stelle più splendide	ivi
»	VI. Orbite calcolate per le stelle doppie	IV
»	VII. Valori attribuiti alla parallasse comune delle stelle fisse.	ivi
»	VIII. Valori della parallasse solare	V
»	IX. Tavola della rifrazione atmosferica	VI
»	X. Semidiametro del sole a mezzogiorno medio durante il 1883	ivi
»	XI. Distribuzione delle macchie sul sole dal 1854 al 1881	VII
»	XII. Numero delle macchie, protuberanze e facule solari, osservate al Collegio Romano nel quadriennio 1879-1882	VIII
»	XIII. Intensità della radiazione nelle varie parti del disco solare	ivi
»	XIV. Relazioni tra i fenomeni solari e il magnetismo terrestre	IX
»	XV. Elementi dei pianeti maggiori	X
»	XVI. » » pianetini od asteroidi	XI
»	XVII. » » satelliti di Marte	XV
»	XVIII. » » » » Giove	XVI
»	XIX. » » » » Saturno	ivi
»	XX. » » » » Urano	ivi
»	XXI. » del satellite di Nettuno	ivi
»	XXI bis » della luna	XVII
»	XXII. » delle comete periodiche delle quali vennero osservati i ritorni . .	XVIII
»	XXIII. Elementi delle comete più grandi e maravigliose.	ivi
»	XXIV. Tavola dimostrante il rapporto fra l'altezza di un osservatore da un lato e la depressione e il raggio dell'orizzonte dall'altro.	XIX
»	XXV. Tavola delle distanze alle quali possono essere veduti gli oggetti in mare, in ragione dell'altezza loro e dell'altezza dell'occhio dell'osservat. sul liv. marino .	XX
»	XXVI. Alcune fra le dimensioni dello sferoide terrestre dedotte dagli elementi del Bessel	XXI
»	XXVII. Tavola contenente la velocità della quale sono dotati i varî punti della superf. terr. in causa della rotaz. diurna (G. MARINELLI)	XXII
»	XXVIII. Tavola contenente l'obliquità dell'eclittica in varie epoche	ivi
»	XXIX. Varie rose dei venti adoperate dalle principali nazioni marittime del globo (G. MARINELLI)	XXIII
»	XXX. Coordinate geografiche di 150 osservatori astronomici, raccolte da A. Auvers (agosto 1882)	XXIV
»	XXXI. Tavola di alcune fra le più importanti profondità e depressioni continent. ed oceaniche (G. MARINELLI)	XXVI
»	XXXII. Tavola di alcune fra le più importanti altitudini positive del globo (G. MARINELLI)	XXVII
»	XXXIII. Tavola di alcuni fra i più importanti fiumi del globo (G. MARINELLI) . .	XXXV
»	XXXIV. Tavola di alcuni fra i più importanti laghi del globo (G. MARINELLI) . .	XXXVIII
»	XXXV. Prospetto delle costiere marittime e della condizione di loro rilevamento nel 1881	XLI
»	XXXVI. Grado geotermico rilevato in alcuni fra i più importanti pozzi, tunnels e miniere (G. MARINELLI)	XLIII
»	XXXVII. La pressione atmosferica e sua diminuzione a seconda dell'altitudine. . .	XLIV
»	XXXVIII. Tavola di alcune località più caratteristiche del globo, divise per zone ietografiche o pluviometriche (G. MARINELLI)	XLV
»	XXXIX. Tavola di alcune località più caratteristiche del globo, divise per zone climatiche	XLVIII

Digitized by Google

Digitized by Google

TAVOLE E CARTE GEOGRAFICHE

Tav.	I.ª	Cielo stellato settentrionale.
»	II.ª	» » meridionale.
»	III.ª	Spettri luminosi.
»	IV.ª	Il sole e macchie visibili il 22 settembre 1870.
»	V.ª	Protuberanze ed eruzioni solari.
»	VI.ª	Sistema solare.
»	VII.ª	Carta della luna.
»	VIII.ª	La Terra sotto varî aspetti.
»	IX.ª	La *Mer de Glace* e i suoi affluenti nel gruppo del m. Bianco.
»	X.ª	Topografia del ghiacciaio della Pasterze nel gruppo del Gross Glockner, sec. lo Schlagintweit (1850).
»	XI.ª	Le due calotte polari coi limiti dei ghiacci compatti e galleggianti.
»	XII.ª	Delta del Gange.
»	XIII.ª	Meandri del Mississippi.
»	XIV.ª	Delta del Volga.
»	XV.ª	Distribuzione geografica dei vulcani.
»	XVI.ª	Saggio di carta sismica, sec. il prof. Mercalli.
»	XVII.ª	Sezioni di rocce cristalline o vulcaniche osservate al microscopio.
»	XVIII.ª	L'oceano Atlantico colle profondità marine e coi cavi telegrafici.
»	XIX.ª	Il Grande oceano » » » » » »
»	XX.ª	L'oceano Indiano » » » » » »
»	XXI.ª	Correnti oceaniche superficiali.
»	XXII.ª	» dell'Atlantico settentrionale.
»	XXIII.ª	Temperatura.
»	XXIV.ª	Isobare e venti dominanti nel gennaio e nel luglio.
»	XXV.ª	Distribuzione delle piogge sul globo.
»	XXVI.ª	Le forme delle nubi.
»	XXVII.ª	Il magnetismo terrestre. Linee isogone, isocline e isodinamiche.
»	XXVIII.ª	Proiezioni geografiche.
»	XXIX.ª	
»	XXX.ª	

Digitized by Google

Digitized by Google

GEOGRAFIA MATEMATICA

LIBRO I.

CIELO E TERRA (1)

Chiámavi 'l cielo, e 'ntorno vi si gira,
Mostrandovi le sue bellezze eterne.

DANTE, *Purgatorio*, C. XIV, v. 148-149.

CAPITOLO I.

LE STELLE (2)

In nessuna scienza forse come in quella del cielo, la più antica di tutte, si mostra tenace l'impero dei pregiudizi e degli errori, e certamente nessuna com' essa palesa gagliarda la persistenza della parola, anche quando l'idea che questa esprimeva è tramontata da un pezzo od ha subito radicale trasformazione.

Nel volger dei secoli, gli edifici e i sistemi astronomici, architettati con pazienza e sovente con acutezza maravigliosa, si scuotono a poco a poco e cadono, cedendo il posto ad

(1) FONTI. **Opere generali.** — HOUZEAU J. C. (Directoire de l' observatoire Royal de Bruxelles), *Vade-mecum de l'astronome. Appendice à la nouvelle série des Annales de l'Observ. de Brux.* Bruxelles, Hayez (Con ricchissima bibliografia).

DLAMBRE (I. B. J.), *Histoire de l'Astronomie ancienne*, 2 vol. in 4. Paris, 1817; — Id. *Histoire de l'Astr. du moyen âge*, 1 vol. Paris, 1819: — Id. *Hist. de l'Astr. moderne*, 2 vol. 1821; — Id. *Hist. de l'Astr. au XVIIIe siècle*, (publ. par M. Mathieu). Paris, 1827. — LAPLACE (P. S. DE), *Précis de l'Histoire de L'Astronomie*. Paris, 2e edit., 1863; — HOEFER (F.), *Histoire de l'Astronomie*. Paris, Hachette, 1873; — LIBRI (G), *Histoire de sciences mathem. en Italie*. Paris, 1839-42, o 2e ed. Halle, 1865; — WOLF (R), *Geschichte der Astronomie*. München, Oldenbourg, 1877; — GUENTHER (S), *Studien zur Geschichte der mathem. und physik. Geogr.* Halle Nebert, 1879.

LAPLACE (P. S. DE), *Exposition du Système du monde*, 1e edit. 1796 (à la librairie du cercle social, l'an IV de la République française). 6^a ediz. postuma. Paris, 1835; — DELAUNAY (C.), *Cours élémentaire d' Astronomie*, 2e edit. Paris, 1865; — Id 1e edit. Paris, 1853, tradotta col titolo di *Corso Elementare d'Astronomia* dal Dottor CURZIO BUZZETTI. Milano, Turati, 1854; — HERSCHEL (I. F. W.), *A treatise on Astronomy*. London, 1831; trad. franc. di A. D. VERGNAUD (*Nouveau manuel complet d' Astronomie*). Paris, 1853; — Id. *Outlines of astr.* London, 1873; — NEWCOMB SIM. *astron., in Washington, Populäre Astron., deutsche verm. Ausg. bearb. durch* RUD. ENGELMANN. Leipzig, Engelmann, 1881 (è fornita anche di ricca bibliogr.); — ULE OTTO, *Die Wunder der Sternenwelt, ein Ausflug in den Himmels Raum*, 2 Aufl. bearb. von Dr. HERM KLEIN. Leipzig, Spamer, 1877; — FLAMMARION C., *Les Terres du Ciel*, 9e edit. Paris, Didier, 1881; — GUILLEMIN (M. A.), *Le Ciel*, 5e edit. Paris, 1876; — LARDNER D., *Il Cielo* (vol. II. del *Museo delle Scienze e delle Arti*) *Nozioni Astron*, trad. da vari (Buzzetti, Brusa, Ferrini), Milano, Vallardi, 1861; — CAGNOLI ANT., *Notizie astron. adatt. all'uso comune*, 4^a ediz. Milano. Silvestri, 1851; — FILOPANTI Q., *Lezioni di Astronomia*. Milano, 1877; — SERGENT-MARCEAU E., *Lezioni popolari di Astronomia*. Milano, Brigola, 1871; — CELORIA G., *Astronomia*, in *Istruzioni scientif. pei viaggiatori raccolte da* ARTURO ISSEL. Roma, Botta, 1881.

HUMBOLDT (A. DI) *Cosmos, Saggio di una descrizione fisica del mondo*. Prima vers. it. di GIULIO VALLINI e di VINC. LAZZARI. 2^a ediz Venezia, Grimaldo, 1860, 4 vol. (per la parte astron. v. specialmente i vol. I.° e III.°); — MARMOCCHI (F. C.), *Corso di Geografia Universale*, 4.^a ediz. Vol I.° Torino, Soc. edit. ital. 1856; — KLOEDEN (*von*) GUSTAV., *Handb. der Erdkunde*. I. B. Berlin, Weidmann, 3^a ediz. 1875 e seg.; — MUELLER JOH., *Lehrb. der Kosmischen Physik*, 4^e Aufl. Braunschweig, 1875; — HANN (J), HOCHSTETTER (F. v.) *und* POKORNY (A.), *Allgemeine Erdkunde* Prag, Tempsky, 1881; — MARTHUS H. C. E., *Astronomische Geographie*. Leipzig, Koch, 1880; — HUGUEUS L., *Nozioni di Geografia Matematica ad uso degl'Istit. tecnici*. Torino Loescher, 1882. 2^a ediz.; — STEINHAUSER ANT., *Grundzüge der mathem. Geographie*, ecc., 1^a ed. Wien, 1872, Bech.; 2^a ediz. 1881

ATLANTI CELESTI. — DIEN et FLAMMARION, *Atlas céleste, comprenant tous les cartes de l'Ancien Atlas de* CHARLES DIEN, *rectifié, augm.*, ecc., par C. FLAMMARION ecc., 31 planches. Paris, 1877, 3e edit.; — DORNA ALESS, *Atlante di carte celesti contenenti le 634 stelle principali visibili alla lat. bor. di 45°*. ecc., *per l'anno 1880* (Reale Accad. delle Sc. di Torino, R.° Osserv.); — HEIS Dott. ED., *Neuer Himmels-Atlas. Darstellung der im Mittleren Europa mit bloesen Augen sichtbaren Sterne* Koln, 1872, Du Mont-Schaubergesche, Buchhandl.

OPERE PERIODICHE ED EFFEMERIDI. — *Annuaire du Bureau des Longitudes*. Paris, Gauthiers Villars, 1819 1883; — *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et de Navig., publiée par le Bureau des Long.* id. 1702-1884 — *Nautical almanac and astronomical ephemeris*. London, 1767-1885; — *Berliner Astr. Jahrb.* Berlino, 1776-1884; — *Annuario dell' Osservatorio di Napoli*. Napoli, 1851-1882; — *Annuario scientif. ed industr. fondato da* F. CRISPIGNI. L. TREVELLINI ed E. TREVES. Milano, Treves, Annate 19. dal 1865-1883; — FLAMMARION. *L'astronomie*, Anno I. 1882. Paris.

(2) Alle opere indicate nella nota precedente, aggiungi: SECCHI (P. A.), *Le Stelle, saggio di Astronomia siderale*, Milano, fratelli Dumolard, 1878; — C. FLAMMARION, *Les Etoiles, Soleils de l'infini*, nel period. *L'Astronomie*, A. II. N.° 1.°, janvier 1883, pag. 2; — LOCKEYER (J. NORMANN F. R. S.), *Studi di analisi spettrale*. Milano, Dumolard, 1878.

Digitized by Google

altri forse del tutto diversi, ma le parole e le frasi con quei primi create e a quelli attinenti, rimangono eterne e immutabili, salvo quanto esigono le leggi della evoluzione filologica. Sicchè essendosi cambiata la cosa, intanto di necessità esse assumono un significato convenzionale, affatto indipendente da quel primo che in origine possedevano.

Così, per quanto dagli antichi sieno diversi gli odierni asserti della scienza sulla immobilità reale, e, aggiungasi pure, sulla immobilità apparente degli astri, quella divisione che, ancora cinque secoli e mezzo prima di Cristo la scuola jonica avea fissato fra le stelle *erranti* ed *inerranti* (*àstra planòmena, planèta* ed *aplanèis astères, aplanèa astra*), rammentata colla denominazione di *sphaera aplanès*, da Macrobio nel *Sogno di Scipione* e, con quella di *stellae inerrantes*, da Cicerone, vive quasi inalterata tuttora nella generale distinzione di *pianeti* e di *stelle fisse*. Da quel genio universale di Aristotile essa avea subita per la prima volta una modificazione di significato che non fu senza conseguenza dappoi. Imperocchè quelle sue *stelle inchiodate (endedemèna)*, che Cicerone stesso, Plinio e Manilio riportano come *sidera infixa coelo, stellas quas putamus affixas*, ed *astra fixa*, coll'autorità del suo nome così definite, furono giudicate, nei tempi di mezzo, appunto come se fossero solidamente infisse in quell' azzurra vôlta, dove sembrano brillare, e dove un'illusione ottica le proietta.

La scienza, demolendo i vieti sistemi e i loro rigidi cieli cristallini — *solidos orbes rejeci!* sclamava audacemente Keplero, — ne schiodava le stelle e riconosceva anche per esse individualmente vera la legge del moto che domina l'universo. Tuttavia la denominazione di *stelle fisse* rimase, e, assunto un convenzionale significato di apparente immobilità relativa ad altre stelle e d'immobilità quasi assoluta rispetto ad alcuni fra i corpi celesti visibili ad occhio nudo, - quali il sole, la luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno, le comete e le stelle filanti, - oggi stesso pel volgare osservatore sembra opportuna e perdurerà forse ancora per secoli. E a mantenerla tale concorre pure il fatto, che sì per quanto sappiamo della natura loro, sì per la loro forma o per la grandezza apparente o per la qualità del loro splendore, quei corpi, che chiamiamo *erranti*, in realtà differiscono dagli altri innumerevoli, e devono essere di necessità collocati in una o più classi, diverse da quelle in cui vanno le stelle fisse. E le stesse ricerche compiute ad occhio armato di acconci strumenti, se pur accrebbero la serie dei corpi erranti, non permettono di assimilarli completamente agli altri.

Alla forte impressione, quasi istintiva ed inconscia, di ammirazione e di stupore, che lo splendido padiglione del cielo doveva produrre nelle prime genti, è logico supporre seguisse immediata e viva la brama di orientarsi in quella miriade di punti luminosi, e di cercarvi una distribuzione, un ordine, un' armonia qual si fosse. Ciò ne dà ragione del perchè siamo costretti risalire lungo i secoli alle primissime, più remote e più nebulose età per trovare le origini delle costellazioni, destinate a raccogliere in gruppi significativi le stelle più prossime, e sovente ancora ogni nostro tentativo riesce indarno. Certo è che già Omero nell'*Iliade* (ed anche nel libro V. dell'*Odissea*) rammenta.

« E le Pleiadi, e l'Iadi, e la stella
D'Orion tempestosa, e la grand'Orsa
Che pur Plaustro si noma. Intorno al polo
Ella si gira ed Orion riguarda,
Dai lavacri del mar sola divisa. »
(Libr. XVIII, v, 675 e seg).

E le Plejadi e le Jadi e il procelloso Orione son pur note ad Esiodo (1), che vi aggiunge Sirio ed Arturo, e parecchie costellazioni rammentano, 14 secoli prima di Cristo, Giobbe e il *Libro dei Re*, e forse di secoli sì le costellazioni ebraiche come le greche furono precedute dalle caldaiche e dalle cinesi. Più controversa è l'antichità di alcune costellazioni egizie e indiane, dacchè gli zodiaci di Dendera, di Esnè e di Panopoli si richiamarono ai primi tempi della occupazione romana in Egitto, e dacchè quelli rinvenuti nelle Indie non risalgono all' età che voleva loro assegnare lo Schlegel, ma forse vanno ritenuti opera compiuta sotto la influenza della coltura ellenica.

La somiglianza nei nomi o nei simboli assegnate alle stesse costellazioni da popoli separati per larghi spazi terrestri e per civiltà diversissima, talora trova una spiegazione nel modo con cui sono distribuite alcune stelle, ond'esse danno origine ad una figura addirittura parlante all'occhio. Spiccatissimo esempio di figura, che da sè si designa, presenta la celebrata Croce del Sud, già, a motivo della precessione degli equinozi, da più

(1) *Opere e Giorni*, qua e là.

Digitized by Google

che 40 secoli invisibile per l'Italia, quando, senza nominarla, ne rammentava la fulgente bellezza l'Alighieri (1), e la quale, appena veduta al principio del secolo XVI da navigatori cristiani, assumeva quel nome espressivo che non doveva più smettere (2). E d'altra parte la dissomiglianza del più dei nomi imposti alle costellazioni denota quanta influenza abbiano avuto in tale eponimia l'arbitrio, la fantasia e il simbolismo astrologico e religioso di ogni singolo popolo, mentre il ricorrere frequente di alcune figure e di alcuni oggetti ci richiama alla mente quello stadio di scienza utilitaria che anche l'astronomia, come tutte le scienze, nei suoi primordi attraversò. Allora, in quella lontana aurora della civiltà, unica guida alle tribù nomadi in vaste ed uniformi pianure e alle prime embrionali piroghe sull'ignoto oceano, unica norma pel ritorno dei fenomeni naturali periodici e per la ripresa delle occupazioni pastorali ed agricole, il cielo dovette popolarsi di figure e di denominazioni allusive principalmente a quei fatti coi quali la posizione, la comparsa e la sparizione di certe stelle venivano di necessità a collegarsi.

Per quanto poi il bisogno di aggruppare in vari modi le più splendide stelle sia stato comune ai diversi popoli, non esclusi i più selvaggi, sicchè si potrebbero trovare svariatissime ripartizioni del cielo in asterismi, a noi almeno per l'emisfero settentrionale i nomi delle costellazioni pervennero quale un retaggio della greca coltura, la quale, già qualche secolo prima di Cristo, era andata lentamente aumentandone il numero, come ad alcune delle costellazioni preesistenti era venuta assegnando alla meglio un posto nello zodiaco, una volta che questa zona del sole e dei pianeti le venne insegnata dalla sapienza caldaica.

Quindi dallo scarso drappello delle costellazioni omeriche ed esiodiche, già un centinaio d'anni prima dell'èra nostra, i Greci erano arrivati a contarne 46, che colle aggiunte della chioma di Berenice e di Antinoo, avvenute sotto Tolomeo Evergete e sotto Adriano, furono portate a 48, e tali rimasero, con poche modificazioni, fino a Ticone Brahe, che nel 1602 ne annoverava tuttora 46 (1).

Delle costellazioni antiche, soltanto una quindicina occupavano il cielo australe, anzi nel retaggio poetico classico, oltre lo Scorpione e il Sagittario, spettanti allo zodiaco, di costellazioni australi entrano solo il Centauro, la Nave e l'Eridano. Ma, allargato colle navigazioni e coi viaggi l'orizzonte terrestre, anche il celeste ampliavasi a sua volta, e quindi apparve opportuno popolare le regioni del cielo nuovamente svelate alla civiltà mediterranea. Ed ecco nel 1603 l'*Uranometria* di Bayer, sotto la ispirazione di Pietro Theodori, reduce poco innanzi da un viaggio nelle Indie, introdurre 12 nuove costellazioni australi.

Il carattere indeterminato delle figure stellari, la impossibilità di segnar loro dei confini cospicui, la prevalenza del convenzionale e dell'arbitrario in tutta questa eponimia del cielo, diedero ansa a popolare le rimaste lacune di nomi adulatori o tolti per istrano capriccio da strumenti scientifici, in ogni modo poco consoni e col senso estetico e coi nomi poetici dell'antichità; ond'è che, più d'una volta, si propose di escluderli tutti. Non avendo potuto ottener ciò nemmeno l'autorevole parola dell'Herschel, fu grazia se almeno pel cielo boreale l'Heis arrivasse a purgare le costellazioni dei frastagli moderni; sicchè adesso, nell'assieme dei due emisferi, esse, secondo l'Argelander, l'Heis e il Gould, si fanno ammontare ad 86, delle quali 32 nell'emisfero boreale e 54 nell'australe.

L'elenco che il Newcomb compilò sull'*Atlas coelestis novus* dell'Heis per l'emisfero settentrionale e sull'*Uranometria Argentina* del Gould per l'emisfero meridionale, offre un'idea della divisione del cielo oggi generalmente, non da tutti però, accettata nei particolari (2). Per esempio, molti oggi omettono, fra altre, le costellazioni del For-

(1) « Io mi volsi a man destra, e posi mente
All'altro polo, e vidi quattro stelle
Non viste mai fuor ch'alla prima gente »
Purgat., I., 22-24.

(2) Americo Vespucci non le dà veramente l'appellativo di Croce, bensì la trova somigliante ad un'*amandorla*. Così avverte l'Humboldt. Però nella edizione veneziana (Gondoliere, 1841, vol. II, pag. 33) delle *Lettere* del Vespucci è detto che tali stelle han forma di *quadrangolo*. Il primo a chiamarla *croce* fu nel 1517, il fiorentino Andrea Corsali, imitato tre anni dappoi dal vicentino Pigafetta. Cnfr. HUMB., *Cosm.*, Vol. 2° pag. 236, nota 308; — AMAT DI S FILIPPO P., *Biografia dei viaggiatori ital.*, ecc., 2.ª ediz. Roma, Soc. Geogr. ital. 1882, pag. 253; — CORSALI ANDREA, *Lettere due*, in *Relazioni di viaggiatori*. Venezia, Gondoliere, 1841, Vol. II., pag. 54. Ecco come la descrive il Corsali, parlando delle stelle del cielo australe: « Sopra di queste apparisce una *croce maravigliosa* nel mezzo di cinque stelle che la circondano (com'il carro la tramontana), con altre stelle che con esse vanno intorno al polo girandole lontano circa 30 gradi; e fa suo corso in 24 ore, *ed è di tanta bellezza, che non mi pare ad alcuno segno celeste doverla comparare* ».

(1) Vedi **Prospetto I.**
(2) Vedi **Prospetto II.** Vedi ancora nell'*Ann. Scient. ed Ind.* Anno XVIII, 1880, pag. 53.

Digitized by Google

nello chimico (*Fornax*) e dello Scultore, poste entrambe nell'emisfero australe, quella fra la Balena e l'Eridano, questa fra la Balena e il Pesce australe, sì che non vennero segnate nelle nostre due carte del *cielo stellato* (1).

Anche compiuta l'accennata divisione del cielo in costellazioni, l'investigatore si trova di poco agevolato nel suo viaggio attraverso gli ammassi stellari, se non procede con un metodo regolare a prendere notizia di alcuni caposaldi, da cui muovere a conoscere gli altri. Gli spedienti, coi quali riesce più facile orientarsi nel cielo, sono indicati anche nei più elementari trattati di astronomia, ne è nostro cómpito arrestarvici. Tuttavia non possiamo astenerci dal segnalare alcune delle costellazioni, che, per la loro posizione o pel loro splendore, torna più importante conoscere.

Per noi abitanti dell'emisfero settentrionale e per la media latitudine d'Italia è vitale conoscere le costellazioni circumpolari rispetto al nostro emisfero, e di esse specialmente le due Orse. Nel moto diurno del cielo, esse per noi non tramontano mai, e per giunta la più brillante fra le stelle componenti l'Orsa Minore (Fig. 1) è così prossima al polo celeste, da cui dista solo $1^{o}\,1/_{2}$ circa, che da secoli serve a contrassegnare il settentrione. L'Orsa Maggiore è facile ad essere riconosciuta per le sette fulgide stelle che la costituiscono, i *septem triones* dei latini, le quattro ruote e il timone di un Carro, che vien rammentato da Omero, come vedemmo, tanto quanto dalle saghe tedesche.

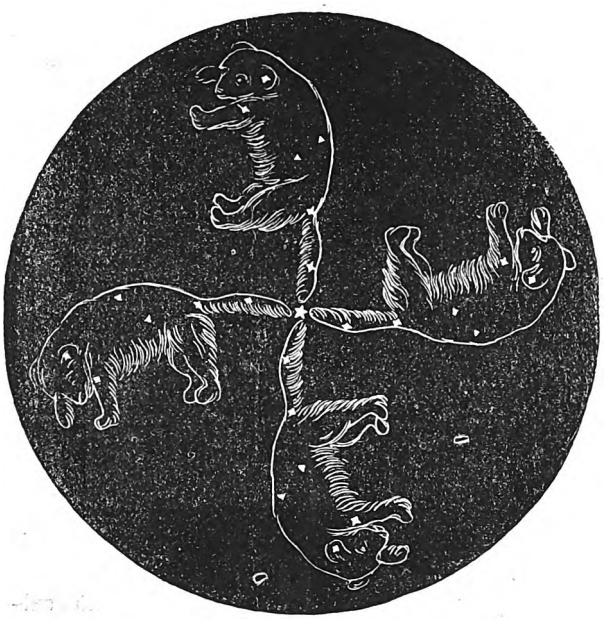


Fig. 1. — La costellazione dell'Orsa minore.

La direzione delle due ultime ruote del Carro, seguìta per cinque volte e mezzo la loro distanza, ci fa conoscere la polare, mentre una linea condotta da quella fra le ruote del Carro, a cui sembra si attacchi il timone, sulla Polare e prolungata di altrettanto oltre questa, ci fa arrivare nel mezzo di Cassiopea, le cui cinque brillanti stelle formano una bella W sdraiata. Prolungandola ancora, essa raggiunge Pegaso e il suo Quadrato.

Poco oltre il limite delle circumpolari visibili alla latitudine di Napoli (Fig. 2), bellissime appaiono fra l'Orsa Maggiore e Cassiopea, ma scostate da esse notevolmente, la Capra (*Capella*) dell'Auriga e Vega della Lira. È colla grande figura romboidale formata da quelle due costellazioni e da queste due stelle, che l'orientazione nel cielo diventa più facile.

Importantissime poi per tutti, e non soltanto per gli studiosi dell'astronomia, sono senza dubbio le costellazioni dello zodiaco che segnano il cammino annuo del sole. Le sei prime giacciono a settentrione dell'equatore, le altre a mezzogiorno, e si sogliono indicare pel frequente loro uso con segni particolari. Esse sono: i Pesci (♓), nella quale costellazione ha luogo adesso, grazie alla precessione degli equinozi, l'equinozio di primavera; l'Ariete (♈); il Toro (♉) con Aldebaran nelle Jadi e le Plejadi, per cui è facilmente riconoscibile; i Gemelli (♊), nei quali il sole raggiunge la sommità del suo arco nel cielo: il Cancro (♋) colla nebulosa del Presepio, il Leone (♌) colla stella Regolo; a sud dell'equatore segue la Vergine (♍) colla Spica, la Bilancia (♎), lo Scorpione (♏) con Antares, il Sagittario (♐) in cui il sole comincia a risalire, il Capricorno (♑) e finalmente l'Acquario (♒).

A conoscere l'equatore celeste, meglio di tutte, serve la costellazione di Orione, o Giacobbe colla verga, a levante del Toro, colle tre stelle allineate, che ne formano la cintura, e per la più meridionale delle quali passa appunto l'equatore. Delle due fulgide stelle opposte diagonalmente alla cintura, la settentrionale è Betelgeuze, la meridionale Rigel.

Delle costellazioni meridionali, alcune sono

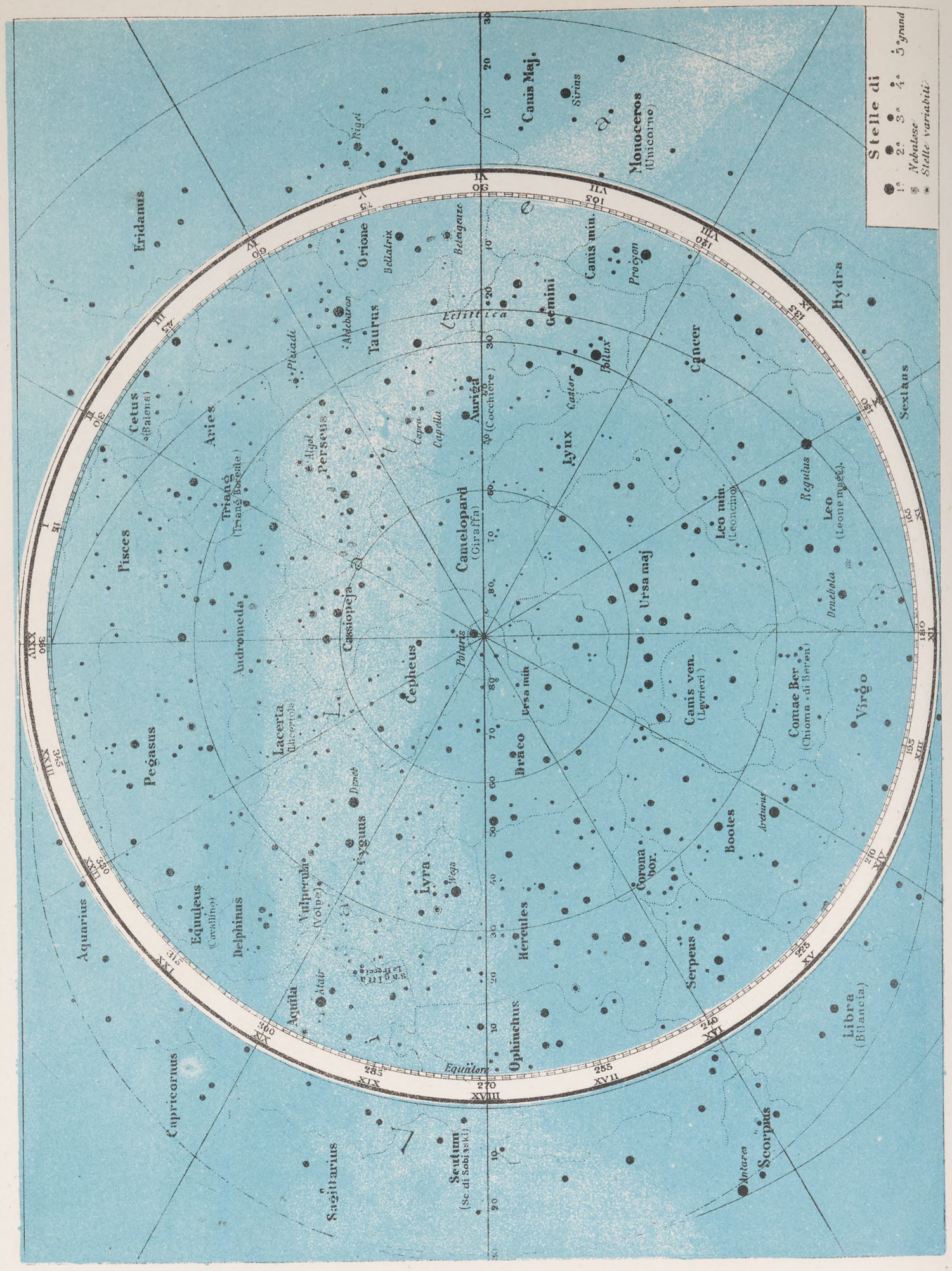
(1) Vedi **Tav.e I.a e II.a dell'Atlante.**

Digitized by Google

Digitized by Google

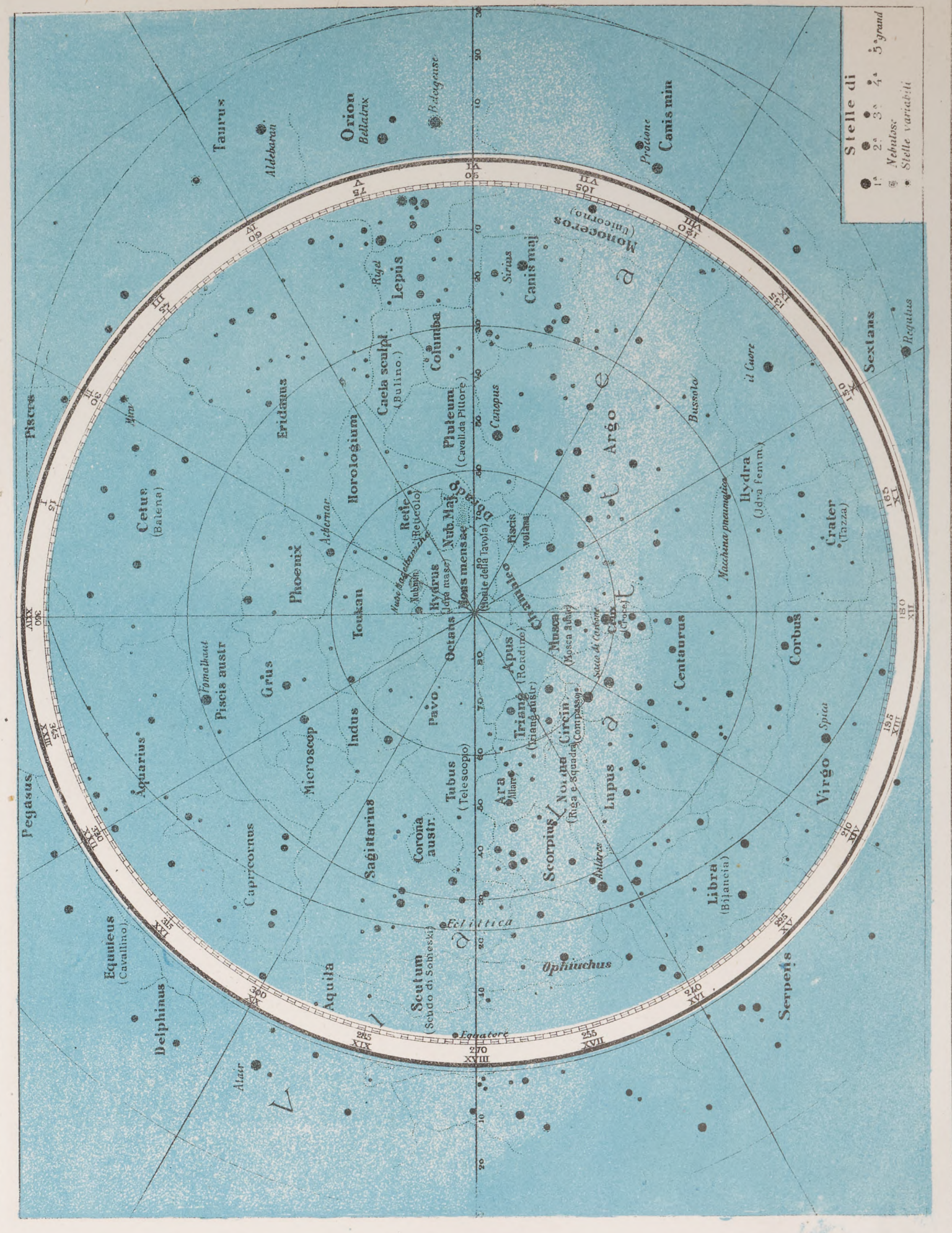
Tav. I

CIELO STELLATO SETTENTRIONALE



Tav. II

CIELO STELLATO MERIDIONALE



Digitized by Google

Pivetti inc.

G. Marinelli dir

Digitized by Google

Digitized by Google

visibili anche nelle nostre latitudini, p. es. la Balena colla stella variabile Mira, il Cane maggiore colla splendidissima Sirio, l'Idra che si svolge in lungo spazio, il Corvo sotto la Vergine, ed altre ancora, fra le quali il Pesce australe col bell'astro Fomalhaut. Nell'elenco delle costellazioni (1) i numeri dal 54 all'86 sono pochissimo o nulla affatto visibili per le nostre latitudini, mentre quelle segnate con asterisco (*) si estendono alquanto anche nell'emisfero settentrionale.

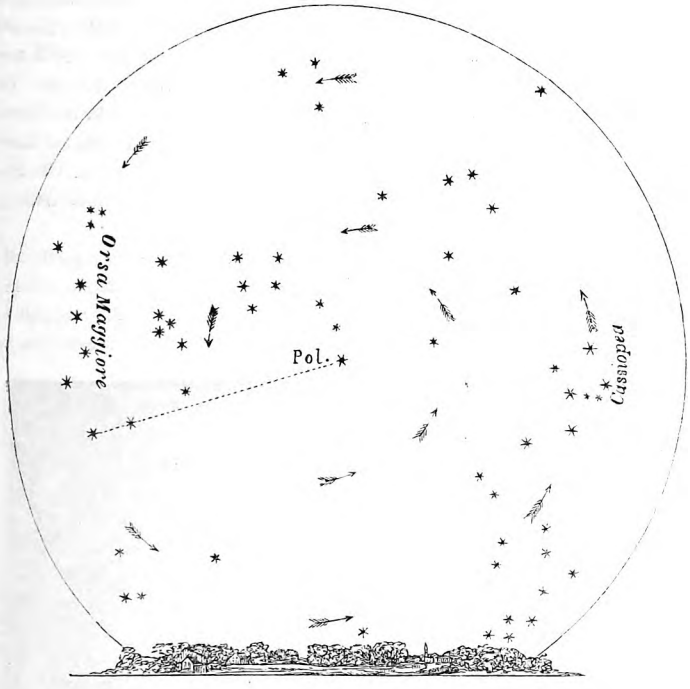


Fig. 2. — Stelle circumpolari.

Interessante è ancora conoscere quali costellazioni si notino nel cielo nelle varie stagioni dell'anno. Ciò dipende dal cammino del sole sull'eclittica. Ora, sapendo che il sole al 21 marzo si trova al punto che chiamammo *equinozio di primavera*, d'onde si sposta di 90° per ogni tre mesi di tempo, e sapendo del pari essere specialmente visibili le costellazioni opposte al sole, cioè da esso distanti 180°, sarà facile arguire come in primavera le costellazioni del Leone, della Vergine, di Boote e le più prossime a quelle; in estate la Corona, il Serpente ed Ofiuco, Ercole, la Lira e l'Aquila; in autunno il Cigno, l'Acquario, Pegaso, Andromeda e i Pesci; nell'inverno finalmente il Cane Minore, i Gemelli, e il Cancro saranno visibili per buona parte della notte.

Quindi alla metà del gennaio, intorno alle 9 ore della sera, il Toro ed Orione si trovano nel cielo meridionale. Aldebaran ha già passato il meridiano e Rigel è prossimo alla culminazione. Mentre poi a sud-est nel cielo brilla splendido Sirio, la Capra s'approssima allo zenit. È dessa la stella che più si avvicina allo zenit dei paesi posti nel bacino del Po, dacchè passa solo 23' a nord della specola di Milano e 27, pure a nord di quella di Padova. Nel cielo grecale sorge il Leone, intanto che Regolo è già asceso di 20° circa sopra l'orizzonte, e che Vega rimane appena visibile sul cielo occidentale. Una linea retta, da Rigel condotta per Betelgeuze, scopre Castore e Polluce, i due astri principali dei Gemelli (1).

Alla stessa ora, a metà febbraio, Sirio è al sommo della sua curva, Orione sta a ponente, mentre Castore e Polluce stanno appena a 70° sul cielo orientale. Presso l'orizzonte, fra greco e tramontana, notasi l'α del Cigno, e più a levante intero il Leone con Denebola, alta circa 25°, e ad essa fa contrapposto nel cielo occidentale l'Ariete, mentre Arturo sta sorgendo a greco.

Alla metà del marzo, l'Ariete è prossimo al tramonto e Sirio ed Orione mirano a raggiungerlo, intanto che Regolo s'approssima al meridiano. A levante è sorta la Vergine colla Spica, e diritta a nord, appena sopra l'orizzonte, sta l'α del Cigno. È questa la seconda stella che più s'approssima allo zenit di Milano, passandone discosta circa 1° a sud.

A mezzo aprile, Orione e il Toro s'approssimano al tramonto, il Leone Maggiore culmina, Denebola di poco dista dal meridiano, fra Aldebaran e Regolo stanno i Gemelli a circa 40° sull'orizzonte nel cielo occidentale. L'Orsa Maggiore è prossima al meridiano.

(1) Vedi **Prospetto II.**

(1) A chi abita il settentrione d'Italia, ottimo per orientarsi nel cielo è l'*Atlante di carte celesti* del Dorna, citato nella bibliografia (a pag. 1), e da noi in molti punti seguito.

Digitized by Google

A mezzo maggio, alquanto a ponente del polo e di soli 20° alta sull' orizzonte, è Cassiopea; a greco il Cigno appena sorto, mentre a maestro, e a poco minore altezza, vedesi la Capra. A ponente i Gemelli e il Cane Minore, quasi al meridiano Arturo, e poco appresso la Spica.

A mezzo giugno, Arturo ha passato il meridiano, a ponente è visibile ancora il Leone Maggiore, i Gemelli son quasi tramontati, ma Castore e Polluce scorgonsi tuttavia, e dietro a loro nel cielo occidentale scende la Vergine. A levante vedonsi il Delfino, l' Aquila, il Cigno e la Lira, a scirocco lo Scorpione, in cui brilla Antares.

A metà luglio, Antares ha già toccato il meridiano, e Regolo sta presso al tramonto, mentre la Spica splende a libeccio, e alti nel cielo occidentale notansi il Delfino, l'Aquila, il Cigno e la Lira. Per paesi posti a latitudine più alta che non sia la media d'Italia (1), anche la Capra è visibile sull' orizzonte settentrionale.

A mezzo agosto, la Spica tramonta, lo Scorpione declina a ponente, e a ponente pure notasi Boote; Vega culmina, passando mezzo grado a nord dello zenit di Palermo, mentre il Cigno sta ancora alquanto a levante.

A metà settembre, il Delfino e l'α del Cigno culminano, Arturo s'approssima al tramonto, a greco da poco è sorta la Capra.

Alla metà dell'ottobre, scendono a ponente l'Aquila, il Cigno e la Lira mentre Aldebaran e le Plejadi s'alzano appena a levante.

A metà novembre, l'Orsa Maggiore diritto al nord occupa il suo posto più depresso; Cassiopea comincia a culminare, Orione sta a levante e nella stessa parte del cielo notansi l' Auriga, Perseo, il Toro, e alquanto più a sud la Balena. L'α di Andromeda ha appunto passato il meridiano.

A metà dicembre, il cielo orientale si abbella di Orione, del Toro, dei Gemelli, dell'Auriga colla Capra; a sud sta la Balena; l'Ariete, alto 60° circa sull'orizzonte, ha già passato il meridiano. Cassiopea ha già varcato lo zenit e Perseo vi s' avvicina. È appunto l'α di quest'ultima costellazione che più s'approssima allo zenit di Parigi, da cui scorre discosta solo $^1/_2$ grado. Finalmente il Delfino tramonta a ponente.

Così i due moti apparenti, quello diurno del cielo da levante a ponente e quello assai più lento che il nostro sole compie sovr'esso in senso inverso, svelano lungo il corso dell' anno gran parte delle costellazioni a noi abitatori della zona temperata, e tutte ce le svelerebbero, se ci portassimo sulla linea equinoziale. Le stelle che brillano a ponente appena calato il grande astro del giorno, col procedere dell' anno sempre più gli si avvicinano, finchè si smarriscono nella luce diffusa del suo crepuscolo, mentre quelle che si scorgono a levante innanzi all'aurora sempre più se ne discostano. Fenomeni tutti già noti agli umani in quella prima epoca dell'astronomia che chiamammo utilitaria, ma che era ad un tempo astronomia contemplativa; fenomeni della cui osservazione tuttora si allietano quanti non guastò del tutto la vita cittadina, aliena dalle grandi scene della natura.

(1) A Torino, a Milano, a Padova, cioè a nord dei 45° di latitudine, essa comincia ad essere visibile.

A render vieppiù attraente l' aspetto del cielo e a porgerci un filo d' Arianna nel labirinto delle stelle, concorrono altresì tanto i *cumuli siderei*, quanto quegli ammassi che, a

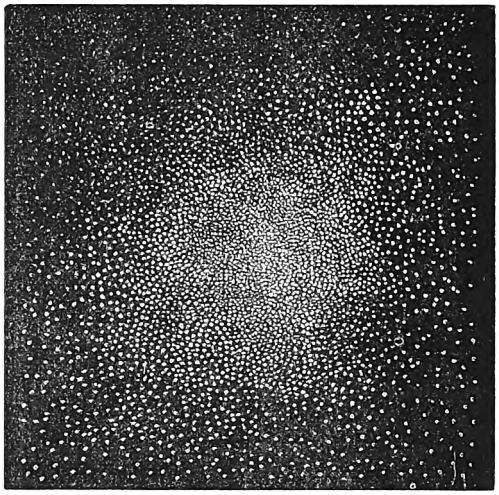


Fig. 3. — Cumulo stellare del Centauro.

guisa di fiocchi di cotone, sembran nubi biancastre sparse nell'azzurro, e che appunto perciò si *vollero* chiamare *nebulose*, le *nefeloidi* di Tolomeo. Dei primi, *sicut areolae sparsim per aethere subfulgent* (1) nel nostro emisfero e le Plejadi e le Jadi, e il Presepio, e l'Elsa di Perseo e la Chioma di Berenice, come nell' australe i cumuli del Centauro (Fig. 3), dell'Acquario (Fig. 4) e di Andromeda. Delle seconde, per quanto concerne

(1) La frase è di Galileo e da lui adoperata per indicare cumuli stellari. V. Humb., *Cosmos*, Vol. 3.°, pag. 259.

Digitized by Google

Digitized by Google

la scienza, a quest'ultima oggimai approdano poco. L'uso delle costellazioni apparve appena sufficiente ad una rudimentale orientazione nel cielo fin da epoche remote, se Ipparco, 127 anni avanti Cristo, e forse altri prima di lui (1), cercarono differenti mezzi per designare esattamente le posizioni delle stelle nel cielo. A questo già mirava quella specie di triangolazione della vòlta azzurra, che gli astronomi dell'antichità aveano, si può dire, compiuta fissando le distanze interposte fra le stelle principali dapprima ed in seguito anche fra le meno splendide.

Meglio si potè provvedere alla determinazione esatta delle posizioni stellari e alle identificazioni degli astri, dacchè s'immaginò il cielo rappresentare un'immensa sfera cava, di cui la Terra occupa il centro, e che s'aggira intorno all'asse celeste, prolungamento del terrestre. Ora è appunto su questa sfera cava che il nostro occhio proietta le stelle (2), (Fig. 6), delle quali, mancando i sufficienti termini ottici di confronto, non può apprezzare le distanze nel senso delle visuali. Quindi, se s'imagini che alla sfera concava sia inscritto o circoscritto un reticolo cur-

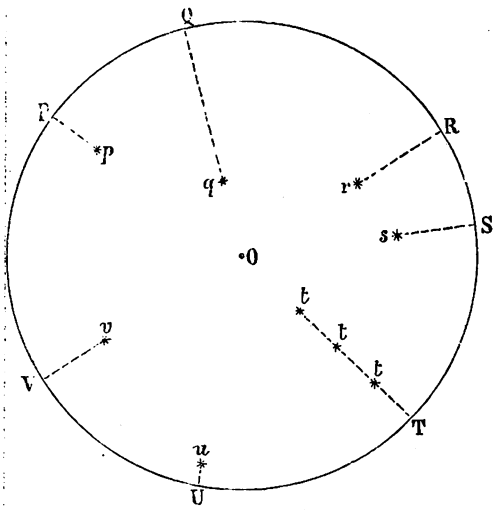


Fig. 6.

vilineo formato dalla intersezione colla sua superficie, da un lato di piani paralleli fra loro e perpendicolari all'asse, e dall'altro da quella di piani che s'incontrino sull'asse, è indubitato che ciascuna stella deve trovare nel reticolo una posizione facilmente designabile, una volta che nel reticolo stesso

(1) Timocari ed Aristillo, 283 anni avanti Cristo. V. PTOLEMAEUS. *Almag.*, libro VII, cap. 3.

(2) E cioè *p* in P, *q* in Q e così di seguito (Fig. 6).

si possedono due linee fondamentali a cui riferire le altre (1).

È questo il concetto originario sul quale

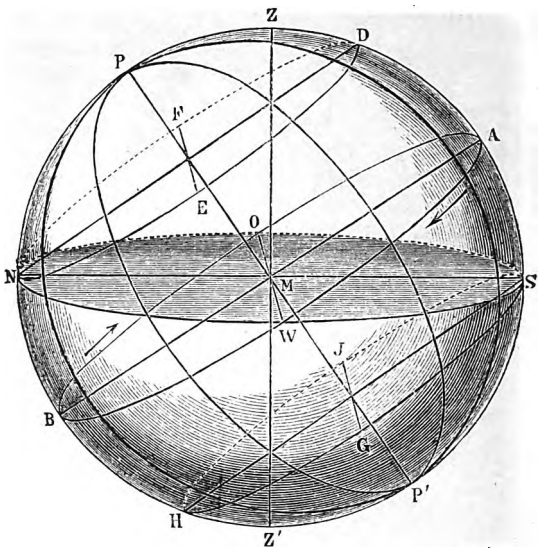


Fig. 7.

si basa da secoli la determinazione esatta delle posizioni stellari; concetto molto analogo a quello su cui si basano le coordinate geografiche della latitudine e della longitudine, che servono alla determinazione delle posizioni terresti.

I primi astronomi, Ipparco e Tolomeo, e tutta la scuola di questo riferivano le posizioni stellari all'eclittica, e quindi designavano le stelle indicandone la *latitudine* e la *longitudine celesti* (2). Fu un arabo, Aboul Hassan,

(1) La Figura 7.ª è sufficiente a chiarire la cosa. P P è *l'asse celeste;* P e P' i due *poli;* il circolo A O B W, perpendicolare all'asse equidistante dai due poli, l'*equatore celeste;* i circoli D F N E, ed S J H G, i cui piani sono paralleli a quello dell'equatore, *paralleli celesti;* i circoli che congiungono i due poli intersecando l'equatore ad angolo retto, *circoli di declinazione* e *circoli orari.*

Oltre a queste linee, nella Figura 7.ª son designati il piano dell'*orizzonte* S O N W di un punto M qualunque, e il suo asse rappresentato dalla retta Z Z', in cui Z segna lo *zenit* e Z' il *nadir.*

Si avverte ancora che l'equatore divide il cielo in due emisferi, *boreale* ed *australe:* e che in due emisferi, *superiore* ed *inferiore,* lo divide pure l'orizzonte.

(2) Supponendo di prender per basi l'eclittica e il suo asse, si può immaginare una serie di piani paralleli a quello dell'eclittica e perpendicolari al suo asse, e un'altra serie di piani perpendicolari a quello dell'eclittica e intersecantisi sul suo asse. Tali piani intersecando la volta celeste formerebbero essi pure la iscrizione di un reticolo curvilineo acconcio a determinare la posizione delle stelle. Quindi la distanza fra un punto e l'eclittica o l'arco compreso fra detto punto e l'eclittica si dice *latitudine celeste,* mentre la distanza fra detto punto ed uno dei così detti *circoli di latitudine* perpendicolari all'eclittica, dicesi *longitudine celeste.* Il circolo di latitudine a cui si riferiscono le longitudini non è scelto a capriccio: è quello che corrisponde all'equinozio di primavera.

Digitized by Google

del sec. XIII, che primo impiegò il nuovo elemento della *ascensione retta* e della *declinazione*, riferendo quindi le posizioni stellari all'equatore celeste e ad un meridiano.

Abbiamo fatto cenno dello spediente imaginato per facilitare lo studio dei cieli, cioè quello di supporre inscritto alla vôlta celeste un globo reticolato (Fig. 7) mediante circoli a piani paralleli (*paralleli*) e circoli a piani intersecantisi lungo l'asse del mondo (*circoli di declinazione*). Vediamo adesso come tali circoli possano servire ad indicare la esatta posizione delle stelle.

Anzitutto va osservato che, per determinare la posizione di una stella in un dato momento, basta che noi ne conosciamo in quel dato momento l'*altezza* e *l'azimut*. Se immaginiamo di far passare pel nostro zenit e per una data stella un circolo (*circolo verticale* o *circolo d'altezza*), la stella dividerà in due parti qualunque l'arco di 90° compreso fra lo zenit e l'orizzonte. Si dirà quindi *altezza* della stella alla porzione di circolo verticale compresa fra quella stella e l'orizzonte, e *distanza zenitale* all'arco compreso fra essa e lo zenit. Si ponga l'occhio alla Fig. 8ª. Sia N W S O il piano dell'orizzonte di M, sia E la stella, Z lo zenit; Z E H sarà il circolo verticale, H E l'altezza della stella, Z E la sua distanza zenitale. Ma vi potrebbero essere molte stelle aventi la medesima altezza verticale, poichè si può imaginare un numero infinito di circoli d'altezza.

Per contraddistinguere il circolo d'altezza di E

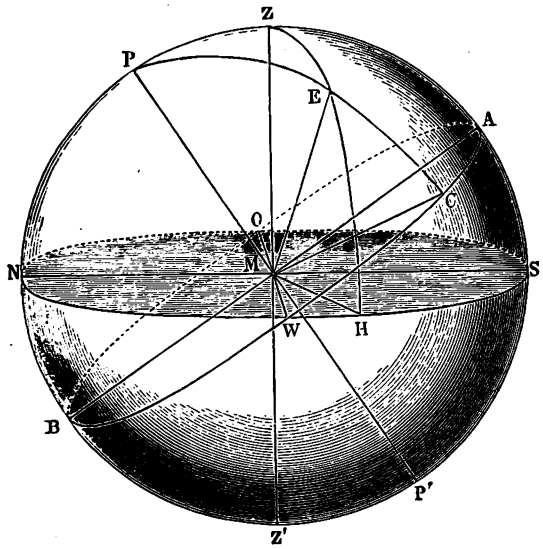


Fig. 8.

è sufficiente osservare quale sia l'angolo ch'esso forma col meridiano del luogo, ovvero l'arco compreso fra il suo piede (H) e il punto sud (S) dell'orizzonte. A questo angolo si dà il nome (di origine arabica) d'*azimut*.

Per *azimut* s'intende dunque *l'angolo che il circolo verticale di una stella fa col meridiano del luogo d'osservazione in un dato momento*. L'azimut di H è in questo caso l'angolo H M S, ovvero l'arco H S.

L'azimut si computa partendo dal punto S ed andando verso ponente, e si conta in gradi andando da 0 a 360: quindi il punto W (ovest) ha un azimut di 90°, il punto N (nord) uno di 180°, il punto O (est) uno di 270°. Se si avesse un azimut di 330°, p. es., questo vorrebbe dire che il circolo verticale di quel punto fa un angolo di 30° ad est del meridiano.

Siccome però la posizione delle stelle muta ad ogni istante, mutano del pari la loro altezza ed il loro azimut. Quindi si dovette ricorrere ad altri spedienti per ottenere con una certa costanza la loro esatta posizione nel cielo.

Nel cammino che ogni stella percorre, essa segue, come vedemmo, un *parallelo celeste*. Di più, in un dato istante, qualunque esso sia, essa deve trovarsi sopra un dato *circolo di declinazione*.

Abbiamo veduto come i piani che s'incrociano sull'asse del mondo intersechino il cielo in circoli massimi, che prendono il nome di *circoli orari*, ovvero *circoli di declinazione*. Tutti questi circoli cascano perpendicolari sul piano dell'equatore, e ogni stella si può imaginare posta sopra uno di essi. La stella E (Fig. 8) si trova sopra il circolo orario P E C. Ora l'arco E C sarebbe la *declinazione* della stella. Quindi per *declinazione di una stella* s'intende la *distanza angolare fra essa e l'equatore celeste*, ossia *l'arcolo di circolo orario compreso fra essa e l'equatore*.

La declinazione di una stella può essere *boreale* o *australe*, secondo ch'essa è posta in uno o nell'altro dei due emisferi, e si conta da 0° a 90° partendo dall'equatore.

L'arco di circolo orario compreso fra la stella e il polo dicesi *distanza polare*. La declinazione e la distanza polare sono archi complementari, cioè assieme sommano a 90°.

Siccome ogni stella percorre sempre lo stesso parallelo celeste, la sua declinazione ha un valore invariabile per qualsiasi giorno ed ora dell'anno, poichè ogni parallelo celeste mantiene costantemente la stessa distanza dall'equatore.

Sapendo la declinazione di una stella, si possiede uno degli elementi per conoscere esattamente la sua posizione. Ma colla medesima declinazione vi possono essere infinite stelle poste sotto circoli orari diversi, dei quali pure è infinito il numero. Quindi bisogna determinare quale sia il circolo orario sul quale la stella è posta. Per determinarlo, basta osservare come ogni circolo orario formi un certo angolo col meridiano del luogo: e tale angolo, che si chiama *angolo orario*, è sufficiente per distinguere quale sia il circolo di declinazione di cui si tratta. Nel caso nostro, il circolo orario sul quale giace la stella E (Fig. 8) forma col meridiano P Z A l'angolo A P C, che sottende l'arco d'equatore C A. L'*angolo orario*

Digitized by Google

sarebbe dunque, in questo caso, C A, e si può definire *l'arco d'equatore o di parallelo compreso fra il circolo orario di una stella e il meridiano del luogo d'osservazione.*

Questo arco o l'angolo ch'esso sottende si misura contando 360° da A verso ponente, ovvero contando in ore (24) nell'istesso senso.

Perciò 1 ora = $60^m = 15°$ $1^m = 15'$
$4^m = 1°$ $1^s = 15''$

Quando si esprime in tempo l'angolo orario di una stella, con ciò s'intende dire da quante ore e minuti essa sia passata al meridiano. Se quest'angolo è uguale a 0, ciò significa che in tal caso la stella si trova sul meridiano del luogo di osservazione. Allora si dice che ha luogo il *passaggio al meridiano* o la *culminazione* di quella stella. Per le stelle circumpolari le culminazioni sono due: una avviene quando la stella passa al meridiano fra il polo e lo zenit del luogo, e si dice *culminazione superiore;* l'altra, quando passa su quel tratto di meridiano posto fra il polo ed il nadir, e si dice *culminazione inferiore.*

È chiaro che mediante l'angolo orario e la declinazione viene determinata la esatta posizione di una stella nel cielo in un dato momento, tanto quanto a mezzo dell' altezza e dell' azimut; ma mentre questi due elementi variano in tutti gl' istanti, la declinazione rimane costante, e varia solo l'angolo orario, perchè la Terra, girando intorno a sè stessa, sposta continuamente il meridiano del luogo, per cui esso deve fare col circolo orario di una data stella un angolo mutabile ad ogni istante.

Era necessario avere quindi nel cielo un punto di riferimento inalterabile e partecipe necessariamente del movimento comune a tutta la vôlta celeste, non già al movimento rotatorio terrestre. Questo punto doveva altresì trovarsi sull'equatore, col quale s' intersecano tutti i piani dei circoli orari: ed esso viene fissato all'*equinozio di primavera*, cioè al punto del cielo in cui si trova il sole nell'istante in cui accade tale equinozio. Esso avrebbe potuto riferirsi ad una stella qualunque, o alla intersezione del suo circolo orario coll' equatore; ma si preferì assumere come punto fisso quello dell'equinozio di primavera, poichè esso è comune all' equatore e all' eclittica, sulla quale linea, che segna il cammino del sole, avvengono pure altri riferimenti importanti della sfera celeste.

Non è nemmeno da credere, e lo vedremo in seguito, che l'equinozio di primavera abbia colla sfera celeste un moto legato ed invariablie, ma le sue variazioni sono abbastanza piccole per poterle ritenere per un momento nulle.

L'angolo (contato dal S. per l'E.) compreso tra l'equinozio di primavera e l'intersezione che il circolo orario di una data stella fa coll' equatore, dicesi *ascensione retta* della stella medesima, e l'equinozio di primavera è *l'origine delle ascensioni rette.*

Appena quindi si ebbe concepita l' idea di tali coordinate capaci di designare esattamente la posizione delle stelle, sorse, da un lato il dubbio se queste la conservassero inalterata per tempo indefinito, e dall'altro il bisogno di fissarla. Da ciò l'origine dei cataloghi stellari, dei quali il primo, quello di Ipparco, se dobbiam credere a Plinio, fu inspirato dall'apparire di una nuova stella, E realmente gli annali cinesi segnalano tal fatto avvenuto nella costellazione dello Scorpione nel 134 av. l'èra volgare, cioè sei anni prima dell' epoca alla quale si reputa generalmente spettare il catalogo d'Ipparco. Meravigliosa coincidenza questa col fatto che, 17 secoli dopo, nel 1572, il manifestarsi inaspettato di una nuova stella nella costellazione di Cassiopea indusse Ticone Brahe a iniziare quel catalogo stellare, che, compiuto nel 1602, doveva fornire il maggior titolo alla sua gloria.

Dal catalogo d'Ipparco — *rem etiam Deo improbam* (1) —, impresa audace anche per un nume, e dalla sua riproduzione compiuta da Tolomeo nel 136 d. Cr., ai cataloghi d'oggi, corre un abisso infinito. Se di quello, che conteneva solo 1025, o forse in origine 1080 stelle, Plinio altamente asseriva aver con esso Ipparco lasciato il cielo in eredità ai posteri, cosa si dovrebbe dire dei cataloghi odierni, di cui qualcuno, come quello del Weisse, fatto sulle zone del Bessel, contiene 62500 stelle e quel massimo dell' Argelander ne contiene 324188? Tuttavia quel catalogo d'Ipparco conservatoci da Tolomeo, qualora se ne corregga l'errore derivante da un falso concetto della precessione degli equinozî, ovvero se, invece che al 136, lo si riferisca al 63 d. Cr., dà un'idea corretta e abbastanza approssimativa di quel cielo, permette la identificazione di tutte le stelle ivi indicate, tranne due o tre, forse a cagione di posteriori interpolazioni ovvero di cattive trascrizioni, e mostra inalterate le costellazioni, adesso, a 1800 anni di distanza. Anzi quel catalogo rimase unico a rappresentare il cielo fino al sec. XV, in cui Ulug-Berg (1437, un tartaro, ne compilava un altro (2) contenente 1018 stelle, in gran parte quelle stesse d'Ipparco, nuovamente determinate a Samarcanda; poichè meritano solo il nome di riproduzioni tolemaiche, o sono semplici descrizioni celesti, i cataloghi di Albateni (880), di Al Sûfi (964), di Ibn Jounis (996), di Nassir-Eddin (1233) e le stesse Tavole

(1) Plinio, libro II., 26, 41.
(2) Pubblicato ad Oxford nel 1648 da Greaves, ecc.

Digitized by Google

alfonsine del 1252. Lasciando di altri cataloghi minori, gli ultimi dell'epoca pretelescopica furono ancora; quello, accennato, di Ticone Brahe del 1602, quelli di Grienberger del 1612, quello dell'Evelio del 1661, e quello finalmente dell'Halley pel cielo australe, del 1679. Contenenevano i tre ultimi rispettivamente 1225, 1553, 341 stelle (1).

Ma, dacchè agli istrumenti forniti di semplici pinnule, e coi quali si traguardava ad occhio nudo, si potè aggiungere il cannocchiale, allora, non solo il cielo svelò all'uomo dei tesori inattesi, ma ne guadagnò immensamente la precisione delle determinazioni stellari. Onde ben presto, nuovo monumento astronomico, nel 1690 si ebbe il catalogo del Flamsteed, contenente in origine, cioè quando fu pubblicato nel 1725, 2634 stelle, aumentato a 3310 da Baily e poi arrichito di altre 561 stelle da Carolina Herschel. Cominciò con esso una fase nuova nella storia dei cataloghi stellari nella quale essi si moltiplicarono enormemente, sicchè non varrebbe la pena di seguirli ad uno ad uno.

Giova tuttavia aggiungere come si possono distinguere in due classi: quelli di precisione, e quelli che presentano una maggiore o minore approssimazione. I primi sono molto numerosi, ma i migliori fra essi contengono un numero di stelle assai limitato, perchè la esatta determinazione delle posizioni stellari è una delicata, penosa e lunga operazione astronomica. Tipico di tal genere e importantissimo, oltre che pel numero delle stelle che contiene e per la squisita esattezza delle determinazioni, anche per la discussione delle sue basi fondamentali, è il catalogo che il Bradley avea compiuto a Greenwich riferendo le posizioni di 389 stelle, e che il Bessel, sugli elementi dello stesso autore, portò a 3232 posizioni e pubblicò nel 1818 nei suoi *Fundamenta astronomiæ*. I metodi di riduzione, appunto dal Bessel adoperati per tale lavoro e quà e là pubblicati nelle sue opere, formano ancora la base e si presentano anche oggidì quali modelli per consimili operazioni. Grazie ai lavori del Bessel, dell' Argelander, dell' Airy, di G. Struve e di altri, ora possiamo dire di conoscere la precisa posizione di circa 30,000 stelle.

Molto maggiore è il numero di quelle la cui posizione noi conosciamo solo approssimativamente. Già gli elementi dati dal Bessel nel 1831 rendevano possibile al Weisse di calcolare, per le zone interposte fra 45° di declinazione boreale e 15° di declinazione australe, ben 62513 stelle, il cui catalogo veniva pubblicato in due riprese, nel 1846 e nel 1863; ma però il lavoro più grandioso, il maggiore monumento di tal genere che vanti la scienza, è ancora la celebre opera che l' Argelander, assistito dallo Schönfeld e dal Krüger, nel 1862 compieva nell' osservatorio di Bonn per 324188 stelle comprese fra il polo boreale e 2° di declinazione australe. Esso è noto generalmente sotto il nome di Catalogo di Bonn, avvero di *Durchmusterung* (1) (rassegna o revisione dei cieli), e in questi anni lo Schönfeld stesso sta estendendolo alla zona compresa tra 2° e 23° dell'emisfero australe. In breve, anzi, tale opera colossale verrà a subire una completa trasformazione, rendendosi a mille doppi più utile alla scienza, dacchè la Società astronomica tedesca (*Astronomische Gesellschaft*) fin dal 1865 decise di determinare mediante un lavoro collettivo distribuito fra tredici osservatori (2), la posizione esatta (mentre adesso per il maggior numero è solo approssimativa) di tutte le stelle del catalogo dell'Argelander fino alla 9.ª grandezza, comprese fra 2° di declin. australe e 80° di declin. boreale.

Veramente, tra le determinazioni esatte di stelle della prima serie da noi accennata, per le quali l'errore può essere di 1″ e di quelle dei cataloghi generali, per le quali l' errore può salire anche a 2′, ci stanno le determinazioni di valore intermedio, che s' istituiscono di solito nei cataloghi a zone celesti e che salgono a circa 1′. Di questo genere di posizioni stellari ne conosciamo circa 100000, estese alle stelle di 9ª grandezza; ma per le minori grandezze si notano tuttavia milioni

(1) Minori cataloghi però si posseggono del periodo fra Tolomeo ed Ulug-Beg: quello di Chrysococca, *Synopsis tabul. astronom. persicarum* del 1115 (Bibl. Nazionale di Parigi, pubbl. in estratto dal Boulliaud e dal Riccioli), contenente 24 stelle: — quello di Aboul-Hassan del 1282 contenente 420 stelle riferite all'eclittica, 210 date coll'elemento dell'ascensione retta e 180 colla declinazione, edito da Sedillot nel 1834-35 e ristampato a Londra nel 1877; — e finalmente quello di un anonimo del 1364, e citato da Gassendi e Riccioli, contenente 46 stelle fra le più brillanti. Per la bibliografia del soggetto cnfr. KNOBEL E. B., *The cronology of star catalogues, in memoirs of Astron. Society*, London, 1877, e l'HOUZEAU cit. I cataloghi stellari da Eudosso al 1876, secondo lo Knobel, arrivano a 527 numeri, comprendendovi 57 cataloghi di stelle doppie, 14 di cumuli stellari e 14 di stelle variabili e colorate. Sui più recenti confronta G. GLORIA in *Annuario scient. ed industr.* Anno IX, 1872, pag. 1 e seg.; Anno XVII, 1880, pag. 49 e seg.

(1) Anzi le stelle di questa grande collezione nelle opere astronomiche sono contrasseguate colla sigla D. M. (*Durchmusterung*) seguita dal numero della zona e da quello dell'astro.

(2) Che più tardi vennero sostituiti da altri.

Digitized by Google

di stelle le cui coordinate non si conoscono nemmeno con un valore approssimativo. E finalmente, a caposaldi per la determinazione di tutte le posizioni del cielo stellato, stanno circa 400 stelle cosidette *fondamentali*, delle cui posizioni possiamo avere una certezza siffatta da ammettere possibile solo un errore di $^1/_2$ secondo o poco più (1).

Partendo dai primi anni del secolo e giungendo al 1875, il numero dei cataloghi stellari ammontava a non meno di 52, contenenti ciascuno in media da 7 ad 800 stelle; d'allora in poi se ne aggiusero altri (2) ed altri se ne aggiungono tuttavia, onde l'età presente può andar lieta di lasciare alle future un retaggio, che, sotto ogni rapporto, tanto per la mole come per la qualità del lavoro, è degno di durare per secoli, — *aere perennius* (3).

Colla formazione dei cataloghi andarono di pari passo anche i tentativi di rappresentare graficamente il cielo o su globi o su carte. Le prime prove in siffatta materia risalgono ad un'antichità abbastanza remota, se è vero che Eudosso da Gnido (IV sec. a. Cr.) ne costruisse, e come ne fan fede gli zodiaci egiziani. Però quasi nulla o esigui frammenti rimangono delle sfere costruite dall'antichità, e anco i più vecchi monumenti di questo genere sono arabici, come quello celebratissimo del museo Borgia di Velletri costruito nel 1225, o quello fiorentino del 1081 (4).

(1) Vedi **Prospetto III**, in cui presentiamo l'elenco di alcune fra le stelle fondamentali riferite al 1° gennaio 1882.

(2) Uno fra gli ultimi e importante per la località (il Capo di Buona Speranza) dove ne furono fissati gli elementi sarebbe quello di E. I. Stone, *Catalogue of* 12441 *Stars, for the Epoch* 1880; *from Observations made at the Observatory Cape of Good Hope, during the years* 1871-79, London, 1881. Intorno ad esso e ad altri recenti cataloghi v. in *Annuario scient. ed ind.* vol. XVIII, 1881, pag. 50, un articolo di G. Celoria.

(3) Senza poter forse gareggiare cogli stranieri in questo arringo, anche gli astronomi italiani concorsero alacremente ad accrescere il tributo delle determinazioni stellari. Fra i cataloghi italiani, oltre quelli del Caturegli (1800-1820) contenente 519 stelle zodiacali per longitudine e latitudine, e del Capelli (1864) contenente 661 stelle comprese fra — 25° e — 15°, meritano speciale menzione: 1) quello del Piazzi, fatto a Palermo nel 1803 e che conteneva fin dalla 1.ª ediz. 6748 stelle, portate a 7646 nella 2.ª edizione del 1814; per cui allora era, prescindendo da quello del Lalande, forse il più ricco e meglio ordinato catalogo stellare. Di lui si ha nel 1806 anche la determinazione esatta di 220 stelle, più tardi (1866) calcolate dall'Auwers; — 2) quello del Santini e del Trettenero, contenente a più riprese 8054 stelle fra — 15° e 10°, e osservate a Padova intorno al 1840 e negli anni seguenti; 3) quello del Tacchini, compilato a Palermo nel 1869, e concernente 1001 stelle osservate a Palermo fra — 2°,5 e — 1°; — 4) finalmente il catalogo del Respighi del 1881, contenente la declinazione di 1463 stelle fra + 20° e + 64°.

(4) Per quest'ultimo cnfr. *Atti dell'Ist. di Studi super. di Firenze, Sc. fis. e natur.* Firenze, 1878.

Fra i primi europei a costruirne, pare fossero Regiomontano, Gemma Frisio e Mercatore, e poscia si acquistorono fama in tali lavori Ticone Brahe e il suo scolaro J. Blaew (1603), e più che tutti forse il ravennate padre Vincenzo M. Coronelli, che ne costruì di giganteschi (del diam. di $3^m.85$) per Luigi XIV, e che altri, di minori dimensioni (m. 1.09) e incisi in rame, mise anche in commercio (1).

Oltre queste produzioni, che pel nostro secolo decaddero e che soddisfacevano più alla curiosità che alla scienza, ebbero fortuna le carte celesti, le quali certamente erano usate da Tolomeo, ma che non presero sviluppo se non dopo il rinascimento degli studi naturalistici e fisici, e specialmente nel sec. XVI. In questo appunto si produsse (1515) un doppio *planispherium stellatum*, adesso perduto o già inciso da Alberto Duro, al quale si devono pure le rarissime *imagines sphaerae barbaricae* (1537), destinate ad illustrazione del catalogo di Tolomeo ridotto da Giorgio di Trebisonda (Trapezuntius). Queste però, come quasi tutte le prime carte celesti, miravano più alla rappresentazione delle costellazioni, che alle posizioni stellari. Notammo che il Piccolomi a Venezia (1561) cominciò a segnare le stelle con lettere latine, a cui il Bayer aggiunse o sostituì le greche, mentre fu il primo ad unire alla sua *Uranometria* il cielo australe. Quindi nel secolo XVII e più ancora nel XVIII le carte celesti si moltiplicarono e s'ingrandirono, ed i più insigni astronomi, l'Evelio, il Flamsteed, il Bode, non isdegnarono curarne l'esecuzione. Pel nostro secolo, fra gli atlanti più accreditati vanno: quello dell'Harding (1822), in 27 fogli, contenenti 40,000 stelle; quello dell'Accademia delle Scienze di Berlino (1858), in 24 fogli, dovuti a parecchi autori; quello dell'Argelander (1863), in 37 fogli, e maggiore di tutti forse quello del Chacornac, proseguito dopo la sua morte da Paolo e Prospero Henry, tuttora in corso di stampa e che occuperà non meno di 72 fogli (2).

Posizione terrestre, serenità e trasparenza di cielo sì come potenza di forza visiva erano nell'antichità, e lo sono pur oggi, elementi importantissimi nello studio dei cieli, onde la statistica delle stelle che l'occhio nudo può scorgere è subordinata a condizioni di località

(1) Il più recente globo celeste sarà forse quello di Lebegue (A. N.), *Globe céleste*, Bruxelles, 1882, del diam. di $0^m.32$, colle stelle collocatevi da L. Niesten.

(2) Per uso dei semplici studiosi v. quelli ricordati nella bibliografia.

Digitized by Google

e di persona. Così, a chi stesse sotto il polo, i moti diurni ed annuo svelerebbero solo metà del cielo stellato, mentre all'equatore quel primo solo lo palesa per intero; così, a chi abita sotto le nostre latitudini, ancora $^1/_4$ del cielo rimane conteso; così in quella stessa porzione di cielo (fra — 35° e + 90°) in cui l'Argelander, munito di una media forza visiva, non scorgeva più di 4256 stelle, l'Heis, dotato di vista acutissima, ne scorgeva 5421. Arguendo da questi numeri, quelle che ad occhio nudo si scorgerebbero in tutto il cielo stellato, nel caso dell'Argelander sarebbero da 5500 stelle; in quello dell'Heis, da 6800. Forse il Proctor, che le fissava a 5850, non si allontanava molto da quanto scorge un occhio mediocre. Le più forti viste possono però contarne qualche centinaio di più.

Se poi si arma l'occhio di lenti, allora esso percepisce un numero di stelle corrispondente alla potenza dello strumento adoperato, in modo che quello spazio di cielo che pareva vuoto del tutto si popola di numerose stelle.

Il P. Secchi ha più volte ripetuto il seguente sperimento.

Con un' occhiata generale al cielo, data ad occhio nudo immobile, si abbraccia da 13° a 14°. Ora, dirigendo al cielo uno dei soliti equatoriali di Merz verso qualche bel punto della Via Lattea, nel campo del suo cercatore (1), supposto che possieda, come quello del Secchi, solo 0^m06 di apertura e $^1/_2{}^\circ$ di campo, si vedono tante stelle quante prima con quell'occhiata generale. Ricorrendo quindi al cannocchiale maggiore, di 0^m250 di apertura e di mediocre ingrandimento, con campo di 15', se ne vedono tante quante se ne vedevano nel primo e nel secondo caso: e lo stesso avviene se, forzando l'ingrandimento, si restringe il campo del cannocchiale a soló 5', nel quale spazio limitatissimo si continua a vederne tante quante se ne vedevano ad occhio nudo nel campo naturale della visione diretta.

Questi sperimenti del Secchi si limitano a strumenti di potenza non eccezionale. Parimente le due figure che seguono (Figure 9 e 10) danno idea dello stesso punto del cielo stellato visto ad occhio nudo e attraverso il grande equatoriale di 27 centim. dell'osservatorio di Parigi, che arriva alla 13ª grandezza. Nel primo caso si scorgono 6 stelle soltanto, nel secondo circa 3000.

Fig. 9. — Un luogo del cielo visto ad occhio nudo.

Se poi si ponga mano a potenti telescopi di ragguardevoli dimensioni e di fortissimo ingrandimento, allora le stelle non si possono più contare a migliaia, ma a milioni e a decine di milioni (1).

Fig. 10. — Lo stesso punto del cielo visto con un telescopio di 27 cent. d'apertura.

Una ricerca ordinata del numero delle stelle visibili nei telescopi fu quella compiuta già dai due Herschel, dal padre nell'emisfero boreale, dal figlio nell'australe. Il processo seguito da Guglielmo Herschel fu quello degli scandagli celesti in campi di 15' 4" disposti a reticolo (Fig. 11) lungo il cielo ed esaminati con un telescopio a riflessione di 20 piedi di distanza focale, 18 poll. di apertura e un ingrandimento di 120 volte. Con tale metodo si incorre nel rischio che i punti

(1) È un cannocchiale di minor forza e di più vasto campo, annesso al maggiore teloscopio, e che agevola la ricerca degli oggetti celesti che si vuol mirare.

(1) Cnfr. l'art. *Les Étoiles. Soleils de l'infini*, ecc., di C. FLAMMARION nel period. *L'Astronomie*, A. II., N° 1, gennajo 1883, pag. 2.

Digitized by Google

del cielo esaminati non rappresentino se non in alcuni casi la densità media delle stelle, e quindi si venga ad un risultato erroneo; ma ove si abbia cura di prenderne un numero molto grande, si raggiunge la massima probabilità di una compensazione e quindi di risultati molto vicini al vero. Se invece di attenersi a questo metodo abbreviativo e in parte deduttivo, Guglielmo Herschel avesse voluto

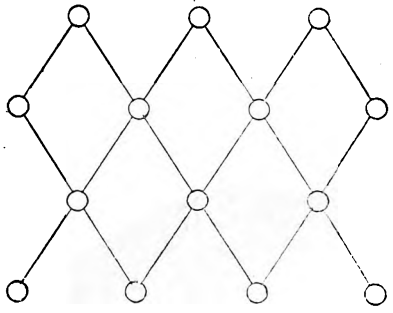


Fig 11.

realmente computare in via diretta il numero delle stelle visibili nel suo telescopio, egli avrebbe tentato impresa impossibile ad una sola persona e ben più lunga che non sia la durata di una vita umana. Il campo del suo cannocchiale, abbracciando solo 15′ 4″, permetteva ogni volta la visione di solo $\frac{1}{832979}$ della vôlta celeste. Supposto ch' egli avesse potuto compiere 100 scandagli stellari (*stars gauges*) per notte, e che avesse potuto contare su 100 notti serene in un anno (supposizione estremamente favorevole), avrebbe dovuto lavorare a quel solo scopo per oltre 83 anni, senza contare la necessità di ripetere molti degli scandagli compiuti, per accertarne i risultati. Realmente avendo egli compiuto 3400 scandagli, questi non gli diedero la numerazione delle stelle se non per 683 punti del cielo, talchè egli esplorò solo una parte assai limitata di esso. Ma la deduzione che ne trasse, che col solo suo telescopio si potessero scorgere 20,374,000 stelle, se parve arrischiata ai volgari, non lo parve ai dotti, nè quel numero si giudicò rappresentare il *maximum* delle stelle che l'occhio armato di fortissimi strumenti può scorgere. Difatti, anche non accettando le deduzioni alquanto trascendenti del Littrow, che nel solo emisfero boreale fece salire il numero delle stelle a 617 milioni, è certo che adesso, servendosi dei più forti telescopi che l'astronomia contemporanea seppe creare, qualora si rinnovassero (il che non s' è fatto) gli *stars gauges* dell' Herschel, si oltrepasserebbe la cifra di 100 milioni per le stelle con essi visibili (1).

Così, sollevati verso il cielo, o, meglio, forse, abbassato verso noi il cielo stesso, vi scoprimmo miriadi di stelle, per secoli e secoli ignorate dai nostri predecessori, poichè nulla ci dimostra ch' essi scorgessero negli azzurri abissi con occhio più acuto del nostro. Fra le 1600 stelle solamente che Plinio annoverava nel nostro cielo e le 12000 che son menzionate nei libri sacri, il vero ammontare delle stelle viste dagli antichi sta probabilmente nel mezzo, poichè i secondi indicavano un numero generico, e quegli forse soltanto le stelle più cospicue, come mezzo secolo dopo, Tolomeo stesso fece nel suo catalogo. Invece una riprova del nostro asserto si può trovare nel noto gruppo delle Pleiadi,

quæ septem dici, sex tamen esse solent

(Ovidio, *Fast.* IV, 170).

e sei erano apparse ad Arato e sette ad Ipparco, e da sei a sette si vedon oggi, a seconda della potenza visiva: Alcione, Elettra ed Atlante, Merope, Maja e Taigeta, Celeno e non sempre Plejone (Fig. 16); e un'altra più recente si ha in quella stella Alcor (Orsa Maggiore) la quale, quantunque sia fra quelle che gli astronomi chiamano di 5.ª grandezza, per essere a poca distanza dalla brillante Mizar (Figura 12), si vede stentatamente ad occhio nudo. Ora gli arabi le davano il nome di *Saidak* ossia *prova*, perchè serviva a sperimentare la potenza visiva specialmente degli esordienti in astronomia.

Osservando il cielo, è impossibile sottrarsi al desiderio di comparare fra loro le dimensioni dei corpi lucenti, di cui è disseminato. Lo spirito del paragone ci domina troppo per poterne sfuggire l'influenza. Ed ecco quindi una nuova fonte di distinzione nelle stelle, la loro classificazione per *grandezza*. È noto come tale classificazione sia basata unicamente sullo splendore che la stella presenta all' occhio nostro, e che, supposta la materia illuminante uniforme in tutte le stelle, potrebbe essere maggiore o minore a seconda di due elementi, grandezza reale e distanza.

(1) Vedi l'elenco dei più potenti telescopi nel **Prospetto IV.**

Digitized by Google

Dagli antichi, che concepivano le stelle infisse in un cielo concavo, può esser che gli splendori delle stelle venissero scambiati per grandezze reali; certo è che, mentre la distinzione delle stelle per grandezza spetta a Tolomeo (1), oggi da tutti si sa come con essa si classifichino le stelle per la loro apparenza, e indipendentemente da ogni grandezza reale. Le più splendide si dicono di 1.ª grandezza, seguono quelle di 2.ª, di 3.ª e così via fino alla 6.ª grandezza, oltre la quale l'occhio nudo difficilmente giunge. Però fin dal primo uso del telescopio, e per merito di Galileo (2), a quelle prime sei classi vennero aggiungendosi altre sei, ed altre se ne aggiunsero di poi a seconda della potenza dei telescopi.

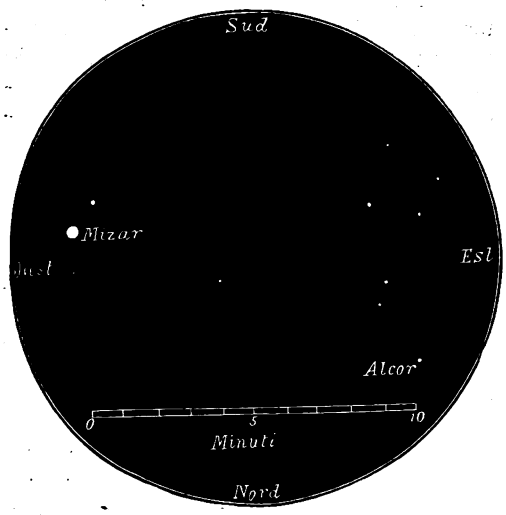


Fig. 12. — La doppia stella Mizar nell'Orsa Maggiore.

A determinare il numero delle stelle spettanti a varie grandezze in tutto il cielo, si prestarono l'Heis e l'Argelander (3) per gli spazî visibili dai loro osservatorî e cioè pressochè fino a 20° di declin. australe, e il Behrmann pel rimanente, e pel cielo australe si occupò pure il Gould nella sua *Uranometria Argentina*. È facile comprendere tuttavia quanto in sifatto genere di lavori, che si praticano a stima abbia valore l'apprezzamento compiuto da una sola persona ed esteso ad entrambi gli emisferi. Tale apprezzamento fu fatto dall'Houzeau, che ne ebbe i seguenti risultati.

Grandezza apparente	Numero delle stelle a nord dell'equatore	a sud	Totale
1	11	9	20
2	26	25	51
3	88	112	200
4	277	318	595
5	595	618	1213
6	1919	1721	3640
	2916	2803	5719

È facile ancora comprendere come in questa statistica stellare abbia influenza la facoltà visiva, massime per le grandezze inferiori. Laddove, per es., l'Argelander non vedeva se non 705 stelle della 5.ª e 1799 della 6.ª grandezza, l'Heis ne vedeva rispettivamente 744 e 1861.

Forse peggio avveniva per le variabili per i cumuli stellari e per le nebulose.

Di più, va avvertito come nemmeno oggi si abbia fissato un limite reciso fra classe e classe. La Germania e il settentrione dell'Europa e dell'America seguono le scale non molto diverse dello Struve e dell'Argelander, mentre gli astronomi inglesi seguono quella dell'Herschel, essenzialmente diversa per le classi di grandezza telescopica. Poichè l'Herschel discendeva, nell'apprezzare le stelle minori, fino alla 20.ma grandezza, mentre, entro i medesimi limiti, lo Struve arrivava alla 12.ma e l'Argelander fra la 13.ma e la 14.ma

Delle stelle comprese nel catalogo dell'Argelander, quelle che stanno fra il polo nord e l'equatore possono, in ordine alla grandezza, classificarsi come segue:

Grandezza	Stelle	Grandezza	Stelle
da 1.0 a 1.5	8	da 6.6 a 7.5	9,955
1.6 » 2.5	35	7.6 » 8.5	34,169
2.6 » 3.5	99	8.6 » 9.4	120,451
3.6 » 4.5	230	9.5	111,276
4.6 » 5.5	748	variabili	61
5.6 » 6.5	3002	nebulose	62

avvertendo che nella grandezza 9.5 si comprendono stelle anche minori.

Finalmente, ecco quale sarebbe, secondo il Newcomb, la statistica del cielo intero, designando con 1.ª grandezza quella compresa fino ad 1.5, con 2.ª quella fra 1.6 e 2.5 e così di seguito, ed avvertendo che sotto la 9.ª grandezza il computo è arbitrario e si basa solo sulla triplicazione (1) del numero di stelle spettanti alla classe precedente.

(1) PTOLEMAEUS, *Almag.*, lib. VII, cap. 4.

(2) GALILEO GALILEI, *Syder Nuncius*, 1610, nell'ediz. di Firenze delle Opere di Galileo, 1843. vol, III., p. 75.

(3) V. NEWCOMB, cit., a pag. 467, e SECCHI a p. 48 e seg.

(1) Assumendo come fattore in tale operazione il num. 3, non si può per nulla essere accusati di esagerazione. Generalmente i calcoli compiuti sui cataloghi stellari avrebbero consigliato l'uso di un moltiplicatore uguale a 3.5. In tal caso il numero delle stelle di 14.ª gr. sarebbe stato di 126 milioni, e quello della totalità di 177 milioni.

Digitized by Google

La colonna ultima « Apertura » esprime quale diametro in centimetri deve avere l'obiettivo di un telescopio perchè possa percepirsi una stella della classe rispettiva.

Grandezza	N.° delle stelle	Grandezza	N.° delle stelle	Apertura in cent.
1	19	7	19.900	0.9
2	65	8	68.000	1.5
3	200	9	241.000	3.0
4	490	10	723.000	6
5	1400	11	2.170.000	10
6	4900	12	6.500.000	16
		13	19.500.000	25
	7074	14	58.500 000	40
			87.721.900	

Dunque, circa 7000 stelle fino alla 6.ª gr. e circa 90 milioni in complesso, e servendosi di telescopi con obiettivi non certamente tra i massimi che si conoscano dacchè vi sono già parecchi osservatorî che ne posseggono dell'apertura di oltre 68 cent. ed altri sono in lavoro, spinti a 91 (1).

Un quesito che sorge spontaneo a chi tien dietro a questa statistica stellare, basata sulle classi di varia grandezza, è quello concernente il rapporto giusta il quale sta la luce delle stelle a seconda della classe cui appartengono. Qui, naturalmente, si provano tutte le difficoltà della base arbitraria, su cui sono stabilite le grandezze stellari, e la scarsezza di mezzi acconci di paragone. Pure ne tentò la soluzione il Bouguer, e dopo di lui l'Herschel ed altri astronomi, tanto che s'inventarono appositi strumenti, i *fotometri stellari* od *astrometri* per determinare tale rapporto, e un'intera sezione dell'astronomia, la *fotometria*, vi è dedicata; ma ancora i risultati sono tutt' altro che soddisfacenti. Ritenuto che tale rapporto sia rappresentato dal numero delle volte che una stella di una data grandezza è più splendente della stella di grandezza immediatamente minore, e limitando la considerazione agli ultimi 50 anni di ricerche, si hanno ancora almeno una quindicina di rapporti differenti che oscillano fra 2.2 e 3. 1: il che vuol dire che una stella di una determinata classe può splendere da 2 a 3 volte circa più di una stella della classe inferiore (2). Supposto che tale rapporto stia quasi nel mezzo e sia rappresentato dal numero 2.5 (Newcomb), si avrebbe il risultato che per ottenere lo splendore di una stella di 1.ª grandezza, bisognerebbe mettere assieme:

2 stelle e ½	di 2.ª gr.		244 stelle	di	7.ª gr.
6 »	» 3.ª »		610 »	»	8.ª »
16 »	» 4.ª »		1526 »	»	9.ª »
39 »	» 5.ª »		3813 »	»	10.ª »
98 »	» 6.ª »				

Da tali raffronti fotometrici si vede che geneneralmente, per produrre lo splendore di una stella di prima grandezza non ci vorrebbero meno di 100 stelle di 6.ª, e che l'assieme di tutte le stelle di una classe presenta uno splendore suppergiù uguale all'assieme di tutte le stelle di un'altra classe, essendo press'a poco il loro numero in rapporto inverso dello splendore.

Tale rapporto, lo notammmo, non è costante da classe a classe. Secondo il Secchi, fra la prima e la seconda grandezza v' è una differenza di circa 4 volte; fra le successive non telescopiche può fissarsi a 2.14, per le telescopiche a 2.41. Peggio avviene se invece di una classe si prenda una stella sola. Fra Sirio, che in notti eccezionalmente serene splende siffattamente da produrre un' ombra sensibile (1), e le più lucide stelle pur di prima grandezza corre una differenza di parecchie volte. Il Secchi, a mo' d'esempio, trovava per alcune stelle più splendide delle tre prime grandezze i seguenti valori fotometrici relativi:

Sirio	=75.5	1.ª grandezza.	Orione	=2.0	2.ª grand.
Rigel	=13.0			=2.7	
Procione	= 9.9				
α. Orione	= 7.3		»	=1.0	3.ª gr.

Gli studi di Giovanni Herschel, del Seidel, del Wolf e quelli recentissimi del Pickering (2) non attinsero in siffatto argomento un accordo completo. Tuttavia per tutti Sirio è la più splendida, e ad essa tengono dietro Canopo e l'α del Centuaro. Ora, essendo tutte tre stelle australi, le più splendide stelle dell' emisfero boreale sono Arturo, Vega e la Capra, o probabilmente Arturo più che le al-

(1) Vedi **Prospetto IV.**
(2) Houzeau, pag. 856.

(1) Non già da essere visibile di pieno giorno, come venne asserito da molti. Su questo argomento della visibilità delle stelle, v. Houzeau, pag. 314 e seg., 653 e seg.; Humboldt, vol.3°, pag. 58 e seg. Sec. i computi dello Schmidt (1865), per vedere le stelle di 1ª gr. è necessario che il sole sia prossimo all'orizzonte (+ 0.°, 40), per quelle di 2.ª dev'essere sotto l'orizz. di 4 ° 18'; per quelle di 3.ª di 5.° 4; per quelle di 4.ª, di 6.° 50'; per quelle di 5ª; di 8.° 52'; per quelle di 6.ª, di 11.° 39'; sicchè presso alla fine del crepuscolo astronomico (— 15.° 55') si rendono visibili tutte le stelle non telescopiche.
(2) Vedi **Prospetto V.**

Digitized by Google

tre. Anche su questo rapporto si deplora la povertà di tali lavori pel cielo australe, dove forse soli esplorarono l'Herschel e il Gould.

Non si appalesò più spiccato l'accordo allorchè si volle paragonare il valore fotometrico di alcune fra le stelle più splendide colla luce della luna e del sole. Per l'Herschel, la luce dell'α del Centauro appariva 27408 volte più debole di quella della luna piena: accettando per questa lo splendore attribuitole dallo Zöllner cioè pari ad $\frac{1}{618000}$ di quello del sole, si scorge che l'α del Centauro brilla 16,938 milioni di volte o, secondo il Bond e dietro altri calcoli, 19,490 milioni di volte meno del nostro sole. Analogamente, Sirio, che al l'Huyghens pareva splendere soltanto a 746 milioni di volte meno che il sole, al Wollaston apparve ben 20 miliardi di volte, e ai più recenti sperimentatori, il Seidel e il Clark, da 5975 a 3600 milioni di volte meno splendido che non sia il nostro astro del giorno.

Rapporti, come si vede, per la loro imponenza, quasi incomprensibili a noi. Abbenchè poi, rispetto a quelle del sole, lo splendore della stella più brillante appaia in qualsiasi caso rappresentato da una frazione piccolissima, esso acquista tosto un valore notevole ove lo si raffronti colle luci artificiali poste a qualche distanza. Secondo un esperimento del Secchi, un grosso fuoco di Bengala bianco, acceso sulla cima del monte Cavo (sommità dei monti Albàni), a 18 chil. dall'Osservatorio romano, arrivava appena ad eguagliare il fulgore di Regolo ed era ben lontano dalla luce di Sirio, forse 12 volte più splendente di quello.

Del pari, la moltitudine quasi infinita delle stelle ne compensa il mite splendore, sì che in ispeciali località terrestri, sui monti o fra i tropici, se la sola luce che da loro proviene basta per poter leggere, come è giudicata sufficente, anzi è preferita alle luci artificiali, dai marinai per le loro ordinarie manovre.

L' Herschel, esaminando un piccolo cumulo stellare prossimo alla stella $\varkappa$ della croce del Sud, non trovava di meglio che paragonarlo ad un *superbo scrigno di variopinti gioielli*, tanta è la dovizia delle tinte e dei colori per quelle cento stelline presentano. E come che quel punto del cielo, così per infiniti altri, se contemplati col telescopio, il paragone tornerebbe a maraviglia. Invece l'occhio nudo, specialmente non esercitato, stenta a distinguere nelle stelle colore veruno, tranne forse varie gradazioni di giallo più o meno carico più o meno rossastro. L'attenzione anche qui porta i suoi frutti, ed anche qui rivela, come già avea rilevato agli antichi (1), varietà di colori almeno fra le più splendide stelle: sicchè Sirio, Vega, Castore, Regolo, Procione, Rigel, Atair od α dell'Aquila sembrano bianche o leggermente azzurre; la Capra. Polluce, α della balena, gialle; Aldebaran, Arturo, Betelgeuze, aranciate: Antares od α dello Scorpione ed α di Ercole, rosse. Le rosse a tinta vivace di sangue son tutte piccine e telescopiche.

È notevole, del resto, l'azione che esercitano sopra l'apprezzamento dei colori stellari potenti cause perturbatrici: il daltonismo, diffuso più comunemente di quanto non si creda, e generalmente ignorato da coloro che ne sono affetti; il coloramento atmosferico delle stelle a varie altezze o in varie condizioni igrometriche dell'aria; come pure il loro coloramento prodotto dal genere degli strumenti coi quali si osserva (2) e dal diverso grado d'ingrandimento; la difficoltà dei paragoni con una tinta campione, la tendenza dell'occhio a trovare i colori complementari fra le stelle vicine.

Rammentando come per colori complementari s'intendano quelli che uniti formano il bianco, e come specificamente essi siano:

rosso e verde
arancio ed azzurro
giallo e violetto,

si ha ragione della frequenza con cui nelle stelle binarie si trovano appaiati tali colori; il che però non vale in tutti i casi.

Che se a scemar fede nella costanza dei colori delles telle non fosse bastata Sirio, ora tipica per luce bianco-azzurrognola, e che pur Cicerone, traducendo Arato, qualificava, d'accordo con Tolomeo e con Seneca, come stella che

rutilo cum lumine claret,

sarebbero valse le osservazioni moderne secondo le quali alcune stelle — α della Croce per es., η d'Argo, α di Cassiopea ed altre poche —

(1) Tolomeo veramente classifica come *rosse infuocate* (ipòcirroi) sei stelle: Arturo, Aldebaran, Polluce, Antares, Betelgeuze o α di Orione e Sirio, e le distingue dalla maggioranza delle stelle, che caratterizza come gialle. Cleomede, Seneca ed altri paragonavano quelle stelle rosse, Antares e (in quei tempi) anche Sirio, a Marte. Primo a rammentare stelle azzurre fu il Mariotte nel 1786 (Humb., *Cosmos*, 3.°, p. 140).

(2) È noto che gli specchi metallici dànno agli oggetti delle tinte più o meno rosse.

Digitized by Google

mutano di colore in un tempo non molto lungo. La stessa α dell'Orsa Maggiore, nel corso di cinque settimane, passa da un rosso abbastanza vivo ad un colore pallido quasi bianco.

Ricerche, queste, tutte relativamente recenti e lasciate prima d'ora ai dilettanti; ma che apparvero di ben alta importanza dopochè, in seguito alle applicazione dello spettroscopio allo studio delle stelle, gli astronomi dovettero accorgersi che i colori degli astri non sono un fatto accidentale, ma strettamente si collegano colla loro fisica costituzione.

Ne derivò che mentre il primo catalogo di stelle colorate risale solo al Lalande e al 1850, grazie alle ricerche dell'Herschel, dello Struver, dello Schmidt, dello Schjollerup, del Dreyer e, fra gl'italiani, specialmente del P. Sestini (1845-47) e del P. Secchi, adesso se ne posseggono parecchi, di cui taluno annovera qualche centinaio di stelle (1), e fra esse numerosissime prima le rosse e poscia le gialle.

Tanto sgradito agli astronomi, ai quali rende così spesso frustraneo l'uso dei telescopi a forte ingrandimento, quanto caro ai poeti ed ai semplici ammiratori della natura anche il fenomeno della *scintillazione* delle stelle entra fra quelli più complessi e più difficili ad esplicarsi che annoveri la fisica cosmica.

Per esso, gli astri van talvolta soggetti ad un rapidissimo ondeggiamento di splendore e di grandezza apparenti, accompagnato da non meno rapide mutazioni di colore.

Quasi nullo in alcune regioni, come nelle equatoriali, a forti elevazioni, come sull'Etna, o sul picco di Teida, in determinate e calme condizioni atmosferiche, — il fenomeno della scintillazione assume una vivacità notevolissima nelle regioni temperate e poco lungi dal livello marino, in aria agitata e carica di vapori, e, aggiungasi, durante le aurore polari od in genere le burrasche magnetiche (2). Nella stessa località ed in identiche condizioni atmosferiche appare minimo per le stelle zenitali, massimo per quelle che si trovano presso l'orizzonte. In qualunque caso, è limitato alle stelle, o meglio ai *punti* luminosi, nè si estende ai pianeti più grandi; fra le stesse stelle, ad occhio nudo aumenta in ragione della loro grandezza apparente, ma per l'occhio armato si estende a tutte le stelle, ed è probabile che la sua intensità subisca l'influenza del colore e della natura della loro luce. Vega, per esempio, scintilla meno di Arturo e di Procione, e in genere le stelle rosse meno delle gialle, queste meno delle bianche.

Nella scintillazione forse si possono distinguere due fasi; il mutamento dello splendore sicchè la stella pare spegnersi per poi riaccendersi; quello del colore.

Un terzo fenomeno, quello della mutazione di posto, il tremolio, sto per dire la danza stellare (*Sternschwanken* dell'Humbolt), accompagna sovente, ma non sempre, quello della scintillazione. Questa intanto, notata fin da Aristotele, apparve problema attraente ad una folla di scienziati da Galileo e dal Keplero all'Huyghens e al Newton, i più credendola fenomeno subiettivo e dipendente dell'occhio nostro finchè Arago pel primo, nel 1816 non ne diede una soluzione, quella delle interferenze, ingegnosa, se non del tutto plausibile (1).

Il telescopio, invece di sopprimere il fenomeno, lo rese più evidente; lo spettroscopio ne agevolò la spiegazione. Gli è coll'aiuto di quest'ultimo strumento che raccolti ed esaminali gli studi del Montigny, del Donati, del Respighi e di altri, il Secchi concludeva col ritenere la scintillazione fenomeno derivante dalla forza dispersiva (2) della nostra atmosfera, per cui l'ondulazione aerea facendo pervenire all'occhio successivamente i varî raggi colorati dello spettro della stella prodotto dall'atmosfera che funziona quale un prisma, ne fa variare il colore, e se l'ondata è molto forte, può sviare per un momento l'imagine della stella, d'onde il suo istantaneo scomparire. Quest'ultimo fenomeno, però è assai raro.

Se la immutabilità dei cieli doveva sembrare scossa fin da quando all'acuto occhio d'Ipparco era apparsa la prima stella nuova 134 anni avanti Cristo (3), le osservazioni,

(1) Per es., quello del Dreyer contenente 321 stelle. Uno dei più completi è il *Polromo di un catalogo fisico delle principali stelle colorate* del P. Secchi (cnfr. *Le Stelle* da pag. 358 a 389), che ne contiene 444. Cnfr. inoltre l'*Annuario scientif. ed industr.*, Vol. IX, 1873, pag. 20 e seg; vol. XVII, 1880, pag. 47.

(2) Vedi art. di Montigny nel period. *L'Astronomie* di Flammarion, A 1!., N.° 4, aprile 1883, p. 143.

(1) Humb., *Cosmos.*, 3.° p. 72; — Secchi, *Le Stelle*, p. 127; — *Ann. scient. ed ind.* vol. V. 1868. p. 36 e seg.. — Celoria, in *Istruz. ai Viaggiatori*, p. 40; — *La scintillation des Étoiles — Revue scientif.* Tome XX, 1877 (2.° sem.), p. 342.

(2) Per questa dispersione. i raggi luminosi dei varî colori estremi devono percorrere nell'atmosfera strade molto differenti prima di giungere alla pupilla del nostro occhio o all'obiettivo del cannocchiale, e incontrando masse atmosferiche a differente stato termico, igrometrico e di densità, e quindi diversamente rifrangenti, ne restano turbati e, in qualche caso, pel nostro occhio addirittura soppressi.

(3) Notammo come gli annali cinesi segnalino l'apparizione di una nuova stella nell'anno 134. Probabilmente

Digitized by Google

posteriori, dapprima sovente fortuite, poscia regolari e metodiche, tolsero ogni dubbio intorno a questo soggetto. Dall'epoca d'Ipparco alla metà di questo secolo, l'Humboldt contava 21 stelle inaspettatamente collocatesi fra le miriadi di astri che popolano il cielo e poco dopo scomparse, e fra esse ve n'ha talune di celebri, come quella della costellazione di Gas-

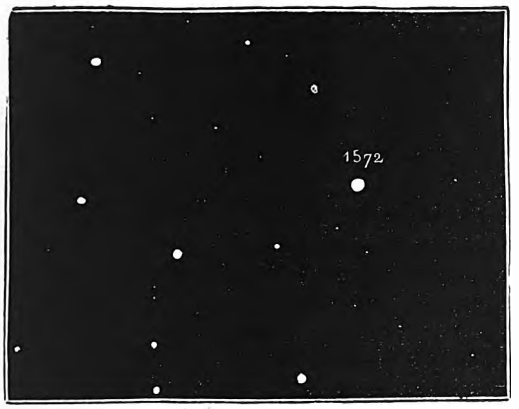


Fig. 13. — La stella nuova di T. Brahe in Cassiopea.

siopea, vista da Ticone Brahe l'11 novembre del 1572 (Fig. 13) e quella del Serpentario, veduta dal Brunowski nel 1604 ed illustrata dal Keplero, di cui porta il glorioso nome (1).

Nè il mostrarsi repentino e il successivo sottrarsi all'occhio nostro è il solo fenomeno di mutazione presentato dalle stelle. Allo stupore che il primo manifestarsi di tale fatto, senza dubbio uno fra i più maravigliosi del cielo, destava nella mente degli astronomi, seguì l'attenzione e la ricerca; sicchè Holwarda per il primo, nel novembre del 1639, avvertiva esistere in alcune stelle una vera *variabilità*. E adesso, alle stelle *temporarie* — delle quali le due ultime, non comprese nell'elenco dell'Humboldt, furono quella apparsa nella Corona Boreale il 1866, e la α del Cigno scoperta nel novembre del 1876 (2) — vanno ad aggiungersi le *variabili* proprie. Di quelle alcune rimasero visibili pochi mesi, anzi pochi giorni, altre durarono parecchi anni e talvolta sparvero per ricomparire, come la *parva Cygni stella* del Janson, vista dapprima dal 1600 al 1621, poi riveduta dal Cassini nel 1655, scomparsa di nuovo e riveduta a riprese dall'Evelio e da altri nel 1665, nel 1677 e nel 1682, e visibile anche oggi presente quale una stella di 6.ª grandezza. Delle due ultime in seguito segnalate, quelle del 1866 e del 1876, nessuna si è ancora del tutto sottratta alla vista dei nostri più potenti telescopi, ma entrambe, dopo di aver brillato come stelle di 2.ª e di 3.ª grandezza, adesso scesero alla 9.ª e, l'ultima, anche a grandezze inferiori. Queste due furono poi lo sole, fra le temporarie, il cui raggio potè essere affermato dagli astronomi e studiato mediante quel potente mezzo di osservazione ch'è lo spettroscopico, sicchè ora la natura di questo fenomeno appare meno portentosa di quando, 300 anni addietro, l'apparizione di una nuova stella veniva segnalata come una splendida conferma della creazione dal nulla.

La temporarietà di alcune stelle — la quale forse, per molte fra le elencate, è cosa soltanto fittizia, dovuta all'insufficienza dei vecchi cataloghi e certamente collegata colla pochezza dei nostri mezzi di esplorazione — è altresì fenomeno assai precario nella storia dei cieli. Invece, costante per molte stelle e forse in grado più o meno cospicuo estensibile a tutte, sarebbe quel loro così curioso mutare di splendore o di tinta, al quale accennammo. Tale variabilità non è uguale: sovente si manifesta per periodi più o meno lunghi, della durata di pochi giorni od anche di molti mesi, e di anni (1), ma tali che in generale non oltrepassano i 600 giorni; talvolta si presenta con rapide fluttuazioni senza legge apparente e può dare origine a delle vere eclissi stellari.

Fra quelle a lungo periodo va famosa la *Mira Ceti*, la *maravigliosa* stella o della Balena, fin dal 12 agosto 1596 notata dal parroco Fabricio, e che in 331 giorni ed 8 ore dalla 2.ª grandezza passa a rendersi invisibile ad occhio nudo. Durante tale periodo

essa è la medesima veduta da Ipparco, e che Plinio, parlando di costui, senza fissar l'anno, rammenta come *suo aevo g nita*. Secondo gli storici cinesi, anzi, un tal fenomeno sarebbe stato avvertito ancora 2240 anni av. Cr. Cnfr. in proposito HUMB., *Cosmos.*, 3.° pag. 173 e seg.; — SECCHI, *Le Stelle*, pag. 133; — HOUZEAU, *Vade-mecum*. pag. 863; — NEWCOMB, *Popul. astron.* pag. 475; — DELAUNAY, *Corso elem. di astron.*; — *Annuario scientif. ed industr.* 1880, Anno XVII, p. 40, ecc. — Le variabili nei cataloghi stellari si designano colle ultime lettere maiuscole latine cominciando dall'*R*, e col nome delle costellazioni cui appartengono.

(1) Fu oggetto di studio anche per Galileo. V. FAVARO, *Galileo Galilei e lo Studio di Padova*. Firenze, Le Monnier, 1883. pag. 275 e seg.

(2) Cnfr. *Annuario scient. ed industr.* 1877. Anno XIV pag. 47.

(1) Come la η di Argo dell'emisfero australe, alla quale sembra convenga un periodo di 70 anni, con fluttuazione di 23. Una settantina circa fra le 150 stelle veramente variabili presentano una maggiore regolarità, la quale per 13 sta fra 2 e 20 giorni; per 4, fra 20 e 30 g.; per 8, fra 100 e 200; per 14 fra 200 e 300, mentre una trentina fra esse presenta un periodo maggiore (V. NEWCOMB, pag. 474 e seg. e SECCHI, pag. 133 e seg., 316 e seg.).

Digitized by Google

decresce tre mesi, ne resta invisibile cinque (nei quali cala fino circa all'11.ma grandezza). quindi ricresce di nuovo per altri 3 mesi. Gialla nel suo massimo splendore, è rossastra quando discende a minore grandezza. Argelander, che l'ha particolarmente studiata, la crede soggetta ad un maggiore periodo di 88 anni. durante il quale si modificano di 25 giorni anche i periodi dei suoi massimi splendori.

A detta del Secchi, lo spettro ne è veramente mirabile, come il suo nome.

Altre fra queste stelle si accendono rapidamente e rapidamente si spengono; altre ancora mostrano non uno ma più periodi, e sovente irregolarità inesplicabili o, per lo meno, inesplicate.

Ma forse la più singolare ed istruttiva fra tutte è ancora quella stella Algol, avvero β di Perseo, le cui vicende per la prima volta venivano nel 1669 segnalate dal nostro Montanari. Dal suo splendore ordinario di stella di 2.ª grandezza, in cui rimane per 2.g e 15 ore, cala lentamente, finchè in 3 ore e 30m è ridotta appena alla 4.ª grandezza. Durati pochi minuti, da 7 ad 8 al più, in questa depressa condizione altre 3 ore e 30m la rimettono nel pristino splendore, sicchè l'interno periodo dura suppergiù 2 g., 20 ore, 49m.

La costanza della sua luce e del suo tipo stellare davanti le ricerche spettroscopiche, nonchè una certa (sebbene non perfetta) regolarità del suo periodo, furono fortunati indizî agli astronomi per arguire una delle cause della variabilità delle stelle, come l'esame del sole, la più nota senza dubbio fra le stelle variabili, li trasse a stabilire delle altre congetture che non escludono quella, ma che valgono ad esplicare altri casi di mutazioni stellari. Ne derivò che a fissare le cause della variabilità delle stelle possono adesso valere le seguenti ipotesi, cioè: quella della occultazione parziale o totale dell'astro, prodotto da un corpo opaco che s'interponga fra esso e l'occhio nostro; quella della rotazione dell'astro in modo che questo presenti diverse facce diversamente splendenti; quella finalmente della emissione periodica di materie assorbenti la luce, ovvero della formazione di veri incendî, e specialmente d'idrogeno, pure a distanze di tempo più o meno regolari e periodiche.

Immaginata forse dal Lalande, l'idea di un corpo opaco che occulti parzialmente una stella, fu dal Pickering, in seguito agli studî fotometrici dello Schönfeld, applicata ad Algol (Fig, 14); donde le variazioni di questa maravigliosa stella sarebbero esplicate colla supposizione di un satellite che girasse intorno all'astro appunto in 2g., 20 ore, 49m., colla velocità di 170 chilom. al secondo, ritenendo sempre la paralasse (1) di Algol eguale ad un decimo di secondo. Abbenche le fasi tutti del fenomeno con ciò non si spieghino, è certo che la

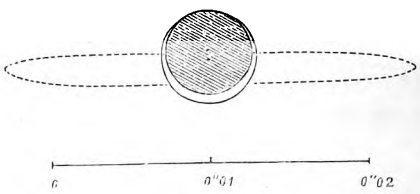


Fig. 14. — Sistema di Algol, sec. il Pickering.

ipotesi ingegnosa non manca di appoggio, non foss'altro per la probabilità, ch'essa viene a creare, della esistenza di sistema planetari analoghi a questo nostro, anche da altri fatti segnalata. E nella stessa guisa le altri ipotesi — quella della rotazione, già imaginata dal gesuita Riccioli, e quelle della emissione di materie assorbenti e della formazione di periodici incendî — offrono una decisa analogia e già lo accennammo, colla rotazione e coi fenomeni che accompagnano le macchie e le eruzioni solari.

Le stelle variabili vanno crescendo in numero quasi giornalmente, a mano a mano che l'osservazione del cielo va perfezionandosi. Come non sembra accidentale trovarle quasi tutte spettanti alla categoria delle stelle aranciate e rosse, così giova avvertire non essere probabilmente casuale la loro distribuzione nel cielo. Due terzi di quelle finora trovate spettano all' emisfero settentrionale e un terzo al meridionale, in cui a declinazione maggiore di 30°, se ne nota appena una dozzina. Aggiungasi che appaiono per la maggior parte collocate in una zona inclinata da 15 a 20° sull' equatore. Del resto, in soggetto così delicati, le deduzioni van fatte con somma cautela, nè conviene affrettarsi a concludere.

Guardando una moltitudine di oggetti dispersi nello spazio e diversa distanza dall'occhio, senza che questo possa apprezzarla, noi siamo indotti a giudicare reciprocamente vicini quelli posti sotto visuali che formino piccolissimo angolo tra loro. Lo stesso avviene colle stelle. Le diciamo a giudichiamo vicine, solo che tali siano in apparenza, senza pensare che un'immensa distanza nel senso

(1) Sul significato della parallasse vedi più oltre.

Digitized by Google

stesso della visuale, che pressochè entrambe abbraccia, le può dividere l'una dall'altra. Stelle così vicine si chiamarono *doppie* fino dall'epoca di Tolomeo, anzi esse erano particolarmente note agli astronomi perchè servivano a provare la potenza della pupilla umana, testimoni fra le altre le stelle Mizar ed Alcor, o la *prova* degli arabi, e le doppie del Capricorno e delle Jadi, indicate per lo stesso fine dal Riccioli (1).

Non è tuttavia da ritenere che le doppie si manifestino solo per una illusione dell'occhio nostro, e che debbano tutte essere ascritte alla categoria di quelle stelle che appunto per ciò si chiamano *doppie ottiche*. Accanto a queste trovano posto le *doppie fisiche*, cioè quelle la cui vicinanza è determinata da una reale connessione fisica. Le doppie visibili ad occhio nudo sono poche, ma a chi armi l'occhio con telescopio anche di mediocre ingrandimento, esse si presentano numerosissime, mentre forse quelle che l'occhio disarmato aveva giudicate doppie, non appariscono più tali. Così Mizar si appalesa composta di due stelle discoste fra loro 14″, mentre Alcor, che a primo aspetto ne forma la gemella ottica, ne apparisce discosta non meno di 11′ (Vedi la Fig. 12 a pag. 15).

Da oltre un secolo, cioè dal 1767, un semplice calcolo di probabilità compiuto dal Michell mostrava come fosse sommamente difficile, per non dire impossibile, che la prossimità delle stelle vicine visibili ad occhio nudo fosse solamente prospettica: imaginiamoci poi quella delle stelle (e sono moltissime) la cui distanza è solo di 5 o 6″ ed anche meno. Ora si sa, che di regola, le stelle doppie costituiscono dei veri sistemi paragonabili al solare nostro, qualora taluno dei pianeti fosse luminoso; ma scorsero parecchi anni prima che tale concetto venisse accettato, e l'appellativo di *comes* (compagno), dato per la prima volta nel 1779 dal Mayer ad una delle stelle componenti una doppia, sembrò allora una temerità.

Oltre l'accennato calcolo della improbabilità che le doppie apparenti sieno solo prospettiche, valse a ritenerle formanti un sistema reale lo studio dei moti proprii stellari per i quali esse si spostano di conserva nel cielo, ma più ancor la scoperta, presentita dal Michell nel 1784 e compiuta dall'Herschel nel 1802, secondo la quale si riconobbe una delle doppie compire un vero movimento intorno all'altra, sì che poscia si rese possibile la determinazione delle loro orbite (1), — determinazione oltremodo delicata, difficile e soggetta ad una quantità d'errori di osservazione, tali qualche volta da oltrepassare gli stessi valori che si ricercano. Oggi, tuttavia, si conoscono con certa approssimazione gli elementi di oltre una quarantina di sistemi di stelle (2), frammezzo la moltitudine di doppie e di multiple contenute negli ultimi cataloghi stellari, dei quali quello dell'Herschel del 1872 non ne enumera meno di 10,300 e quello di Flammarion non meno di 11,000 (3).

Secondo tali calcoli, le rivoluzioni dei luminosi satelliti intorno al loro sole, a noi note, variano tra un minimo di 14 (se non forse di 7 anni) e un massimo di 415 anni, dacchè quelle maggiori rivoluzioni, di 846, di 997 e di 1578 anni, come quelle attribuite alla σ della Corona Boreale, alla α dei Gemelli e alla ζ dell'Acquario, non sembrano bene accertate agli astronomi (4).

L'elemento del tempo per simili movimenti è rappresentabile in anni, termine a noi noto. Non altrettanto può dirsi dell'elemento grandezza dell'orbita, il quale espresso in secondi di arco o di frazioni di secondo, può avere un valore diverso a misura della distanza in cui si trova rispetto a noi l'intero sistema. Ora, e lo vedremo, tale distanza ci è nota per pochissime stelle, e forse delle doppie, con

(1) Intorno alle stelle doppie e multiple cnfr. sopratutto FLAMMARION (C). *Catalogue des étoiles doubles et multiples en mouvement relatif certain*, ecc. Paris, Gauthier-Villars, 1878. Per quanto concerne la storia delle stelle doppie, rammentiamo solo, che nel 1650 il Riccioli riconobbe la duplicità di Mizar, che poscia nel 1685 i gesuiti inviati a Siam da Luigi XIV riconobbero quella di α della Croce del Sud, e che finalmente Richaud fissò in Pondichery la duplicità di α del Centauro. Però la prima determinazione di posizione, ed anche in questo caso approssimativa, fu fatta dal Feuillé a Lima nel 1709.

(1) La prima delle quali determinazioni fu fatta da Savary nel 1828.

(2) Vedi **Prospetto VI.** Cnfr. anche l'elenco dato dal SECCHI, *Le Stelle*, pag. 217 e 218, e 392 e seg., nonchè quello dato dall'HOUZEAU, *Vademecum*, a pag. 902, 903. Un recentissimo elenco di tali stelle, che Flammarion ha pubblicato nella sua *Revue mensuelle d'Astronomie Populaire* (mai 1883. p. 161. *Les Étoiles doubles*) ne comprende 43.

(3) Limitatamente alla distanza di 32″ si può ritenere il numero delle stelle doppie ben superiore alle 6000. Però i gruppi che mostrano un relativo movimento, secondo il catalogo di Flammarion, non superano gli 817. Fra essi, quelli di doppie salgono a 729, quelli di triple a 73 quelli di quadruple a 12, quelli di quintuple a 2, oltre ad un gruppo sestuplo e ad 83 gruppi, i componenti delle quali sembrano immobili gli uni rispetto agli altri, ma partecipano dello stesso moto nello spazio. Dalle 817 coppie, 358 sono certamente doppie fisiche, 200 lo sono probabilmente, per le altre non si hanno argomenti ad affermarlo.

(4) E a maggior ragione dicasi ciò di quei periodi di 18,000, di 36,000, di 120,000 e di un milione di anni, che secondo Flammarion dovrebbero spettare alla ζ dell'Orsa Maggiore, alla γ di Adromeda, ad $\varkappa_2$ di Boote, e ad ε^1 ed ε^2 della Lira.

Digitized by Google

certezza, per due sole: α del Centuario e p di Ofiuco. Supposta per la prima una distanza da noi 265,000 volte maggiore che non sia quella del sole, il raggio dell'orbita spettante al suo sistema non sarebbe minore di 27 volte la distanza del sole da noi, cioè oltrapasserebbe la lunghezza di 4000 milioni di chilometri. La stella p di Ofiuco dista da noi circa 1,272,000 raggi dell'orbita terrestre.

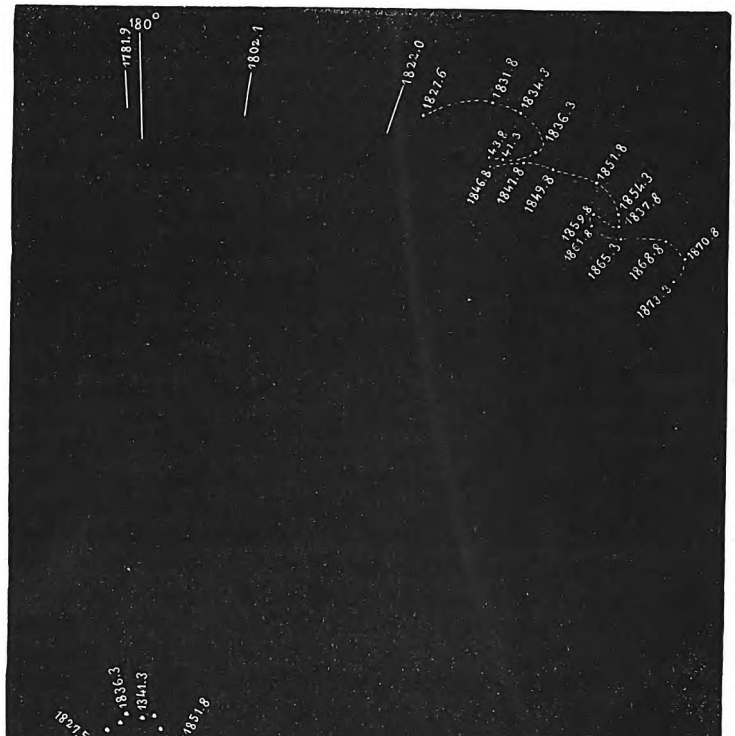


Fig. 15. — Orbite della tripla ζ del Cancro.

Ammesso ciò, il semiasse della sua orbita non sarebbe inferiore a 29 volte la distanza dalla terra al sole, cioè a 4330 milioni di chilometri. E accettando tali numeri, nonchè quelli che fissano le durate delle loro rivoluzioni ad 88 e a 94 anni, le leggi della dinamica celeste già stabilite dal Keplero e dal Newton ci conducono a ritenere la massa del primo sistema eguale ad 0,8 e quella del secondo a 3,1 della massa solare.

Se la scoperta delle stelle doppie arrecò maraviglia, non la arrecò meno viva quella di maggiori sistemi di stelle a cui accennammo di volo e che, appunto pel loro numero, si chiamano *multipli*, risultando composti di tre, quattro e più stelle. Già adesso se ne conoscono poco meno che un centinaio, ma di pochissime fra le stelle che li compongono son noti i movimenti con una certa approssimazione. Fra esse, merita menzione la ζ del Cancro (Fig. 15), pel sistema della quale le ricerche dello Struve conclusero che il secondo e più lontano satellite deve descrivere un'orbita serpeggiante epicicloidale, forse dovuta ad una perturbazione, la cui causa finora ci rimane completamente ignota (1). Il Nobile, astronomodell'osservatorio di Capodimonte, pubblicò fra altre una importante illustrazione sul sistema quadruplo 748 Σ del trapezio di Orione (2). Di quelle quattro stelle che lo costituiscono, tre si rivolgono nello stesso senso intorno alla quarta, relativamente immobile.

A farci conoscere come ben oltre ia limiti del sistema solare si agitino altri sistemi analoghi al nostro, era stato appunto lo stesso fenomeno della luminosità dei satelliti stellari, pel quale quei sistemi differenziano dal solare. Ma già vedemmo come la variabilità della stella Algol facesse presupporre l'esistenza di un satellite opaco che ne obliterasse parzialmente la superficie. Ora le perturbazioni apparentemente inesplicabili nei

(1) Cnfr. anche *Ann. scient. ed industr.*, Anno XII, 1875 pag. 82.

(2) *Rendic. della Regia Accademia delle Sc. fisiche e matemat. di Napoli*, 1877, Seduta del 12 maggio, pag. 75. Nello stesso volume dei citati *Rendiconti*, v. altri studi del Nobile intorno a vari sistemi di stelle binarie e triple. Mentre nei primi tempi lo studio delle stelle *doppie* e *multiple* veniva compiuto quasi escusivamente negli osservatori inglesi e tedeschi, da alcuni anni esso andò molto diffondendosi anche in Italia, specialmente per opera dello Schiapparelli, del Secchi, del Nobili, del Ferrari e del Dembowski Cnfr. in proposito l'*Anno. scientif. ed industr.*, qua e là; Lorenzoni, *L'Astronomia in questi ultimi tempi* Venezia, Antonelli, 1882 pag. 13.

Digitized by Google

moti alcune, stelle notissime fra le quali Sirio e Procione non sarebbere più tali dacchè pare accertato che intorno ad essi s'aggiri un grosso satellite opaco. Anzi si è ancora più avanti. Preconizzato nel 1844 dal Bessel e sette anni appresso preventivamente calcolato dal Peters negli elementi della sua orbita, il satellite di Sirio alla fine fu visto dapprima da A. Clark in Cambridge nel gennaio 1862, poi da altri astronomi. L'Auwers ne calcolò la rivoluzione in 49 anni, e il semiasse dell'orbita in 37 raggi della terrestre (pari a 5600 miglioni di chilom.), per cui potè giudicare la massa del sole di Sirio eguale a 13.8 e quella del suo pianeta a 6.7 volte quella del nostro sole. Tutto ciò, reputando Sirio 1,069,000 volte distante da noi più che questo non sia. Anche per Procione e pel suo pianeta l'Auwers tentò un primo calcolo, che lo portava a concludere per una rivoluzione di 40 anni. Ma le osservazioni dirette a vedere l'oscuro compagno diedero finora risultati assai incerti, poichè non potè essere scorto da altri che dall'astronomo di Pulkowa, Ottone Struve, e dal suo assistente: e v'è dubbio, diviso dallo stesso Struve, che essi sieno rimasti vittime di una illusione ottica, per cui osservando dei corpi a luce assai viva, veniva a crearsi, lateralmente all'immagiue di quelli, un'immagine fittizia, che poteva essere scambiata per quella di un corpuscolo effettivo (1).

Lasciando di nuove incertezze che riflettono la 61.ª del Cigno, a lungo ritenuta doppia fisica (2) ed altre stelle, è certo che il numero delle doppie fisiche va aumentando rapidamente, mentre si debbono schierare fra esse molte di quelle un tempo giudicate ottiche. Ciò induce a ritenere essere assai più numerosa di quanto si credeva in addietro la serie delle stelle legate tra loro da una relazione fisica, tanto che lo Struve, e dietro a lui il Secchi, non si peritano ad asserire, che almeno un terzo e forse la metà delle stelle *visibili* sieno realmente collegate fra loro fisicamente (3). E tale giudizio probabilmente va esteso ai gruppi e ai *campi stellati*, nei quali vengono a scomporsi molte delle nebulose esaminate con telescopî a forte ingrandimento. Esse del resto, sono distribuite qua e là nel cielo presso a poco nello stesso ordine delle stelle semplici, più fitte presso la Via Lattea, più rade presso i poli di questa; manifestando tuttavia una certa tendenza a trovarsi vicine tra loro, quasi a gruppi di multiple. Più comuni fra le stelle di prima grandezza, in modo che dalla 1.ª alla 4.ª se ne trova 1 su ogni 4.7, diventano più rare nelle stelle di minore grandezza, tanto che sotto la 7.ª se ne rinviene appena una su 40 stelle.

Nelle variabili vedemmo predominare le stelle aranciate e le rosse; fra le multiple si trovano rappresentanti tutti i colori dell'iride ma più sovente il bianco, e più di rado il verde. Spessissimo ambedue le stelle formanti una coppia sono dell'istesso colore, comunemente della stessa forza, ma talvolta anche di diverso vigore. Nei casi in cui il colore differisce nelle due componenti il sistema, sovente esse presentano tinte complementari; verde e rossa, gialla ed azzurra. È curioso altresì che i piu bei contrasti di tinta si notino nei sistemi a moto più tardo.

Se, com'è ovvio presumere, ognuno di tali sistemi stellari è centro di un corteo di pianeti, quale quello di cui fa parte la terra, è bello imaginare quanta copia di combinazioni luminose dovranno derivare dalla presenza, dall'assenza, dall'avvicinarsi, dall'allontanarsi dal sorgere, dal tramontare, dall'occultarsi dei due soli, e come un ben più magico caleidoscopio abbia a formarsi laddove essi si presentino con tinte diverse. Al quale proposito l'uomo fin oggi ignora se, almeno rispetto le doppie, tali tinte rappresentino delle vere differenze fisiche, poichè riesce delicato ed oltremodo arduo l'esame spettroscopico di stelle così vicine, dal momento che il raggio dell'una male si può cogliere senza confonderlo con quello della compagna, e più propriamente quello della minore resta vinto da quello della maggiore, che regge il sistema. Ammessi i soliti tipi stellari (1), delle poche esaminate le più spettano a stelle del 1.° tipo come Sirio, altre a quelle del 2.° tipo come la Polare e ζ di Ercole: come appartenente le 3° tipo se ne conoese una sola, α di Ercole, che d'altra parte, sta nella serie delle variabili.

Un tempo, si confondevano in uno i *cumuli o gruppi stellari e le nebulose*, poichè

(1) V. *Ann. scientif. ed industr.* Anno X. 1873, pag. 27; anno XII, 1875, pag. 33; anno XIV, 1877, pag. 53.

(2) E lo è probabilmente: solo sembra che le sue due componenti non s'aggirino una attorno l'altra, ma, forse trascinate da una forza che domina entrambe, si muovano secondo un cammino rettilineo.

(3) Invece, ad on a che sia grandissimo il numero di stelle doppie o multiple scoperte in questi ultimi anni e specialmente per opera del Burnham, finora forse è permesso soltanto di asserire che, limitando la considerazione a quelle delle prime 7 classi, ogni 5 o 6 stelle si abbia da trovare una doppia.

(1) Vedi più oltre.

Digitized by Google

sembravano uniformemente all'occhio disarmato fiocchi biancastri, quasi nubecole astrali disseminate pei cieli. Il cannocchiale le fece dividere in *gruppi stellari o nebulose resolubili e irresolubili:* lo spettroscopio sognò una separazione decisa fra i *gruppi stellari* e le *nebulose*. Se il telescopio, rendendo possibile la scomposizione di alcuni fra i più cospicui fiocchi luminosi, palesò all'occhio umano dei tesori inesplorati nel cielo, il momento più importante nella storia delle ricerche loro fu, come già per le doppie, segnato dal l'Herschel. Si sa che, ad occhio nudo, è difficile scorgere più di 19 gruppi stellari e 7 nebulose (1), oggetti che, specialmente per opera del Messier e grazie al telescopio, nel 1777 si aveva potuto aumentare fin poco oltre il centinajo; l'Herschel li portava al numero di 5079, —

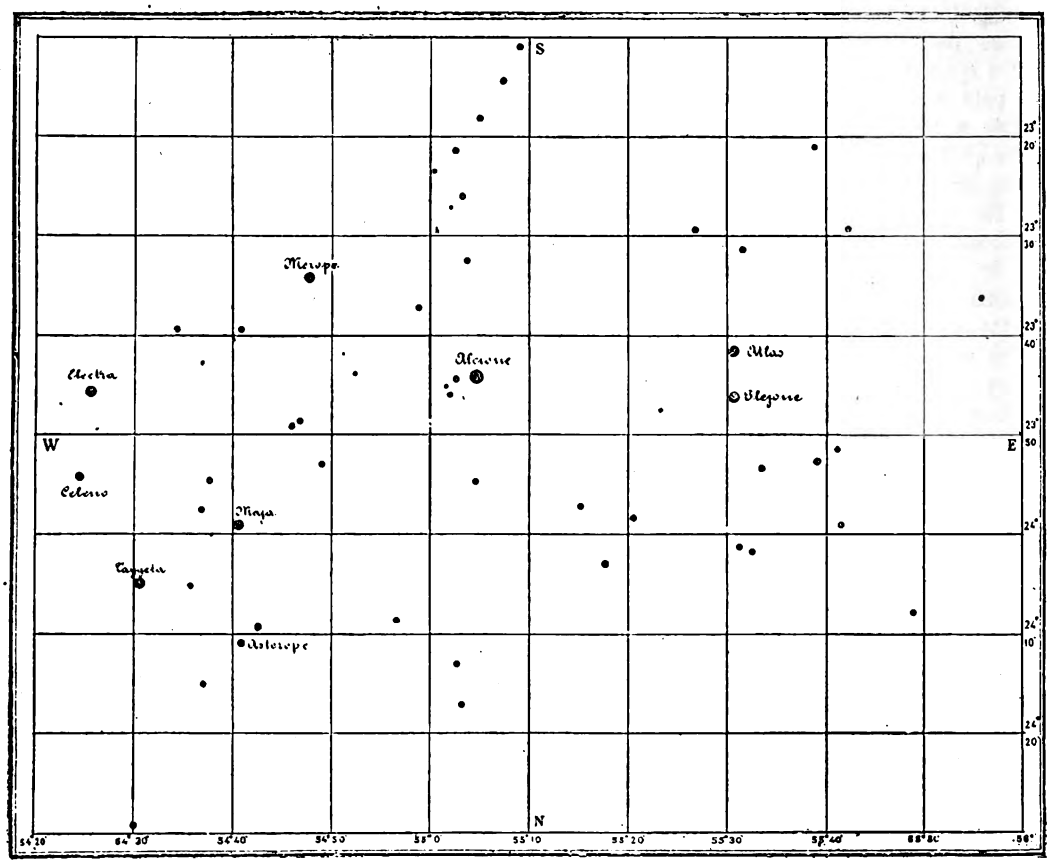


Fig. 16. — Gruppo delle Plejadi. sec. E. Millosevich.

impresa ammirabile, i cui risultati poterono avere piccolo aumento da tutti i suoi successori, se oggi stesso il numero di tali oggetti oltrepassa di poco le *sei* migliaia.

Talora composti da un pulviscolo stellare, disperso senz'ordine apparente nel cielo, tal altra distribuiti a raggi, ovvero ancora quasi a globi, come i grappoli (*clusters*) di Herschel, con un maggiore concentramento di materia luminasa nel centro; i cumuli stellari, in ogni descrizione che se ne voglia dare, vincono la parola, che riesce quasi sempre insufficiente, e appena se aiutata dal disegno può dare una pallida imagine della bellezza di molti fra essi. Il gruppo delle Plejadi (Fig. 16), e più ancora quella delle Caustiche presso la μ del Sagittario (Fig. 17), quello di Ercole (Figura 18) o di due dell'Acquario) Figura 19) e dei Levrieri ne porgono alcuni esempi (2). Questi due ultimi si trovano poi confusi nel centro con un pulviscolo luminoso, che pare una nebulosa, ma che non

(1) Così l'occhio acuto di Heis.

(2) V. poi nelle Figg. 3ª e 4ª alle pag. 6 e 7 altri due gruppi stellari.

Digitized by Google

ne offre le caratteristiche davanti allo spettroscopio (1).

L' impossibilità di determinare le distanze

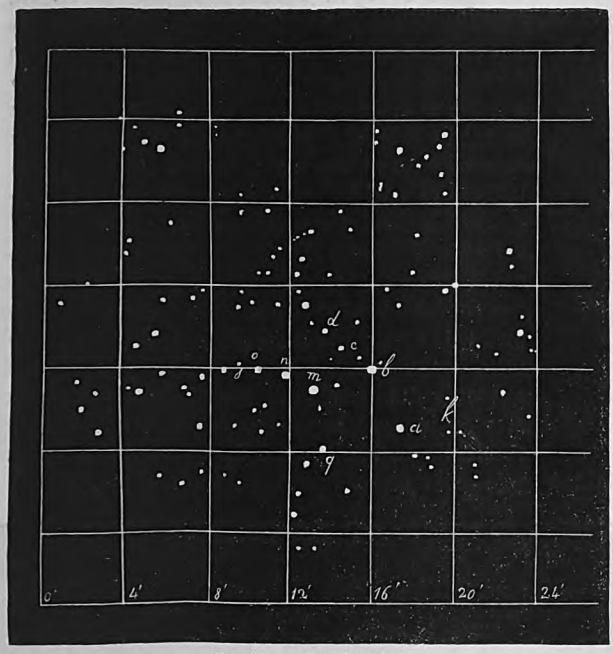


Fig. 17. — Le Caustiche.

reciproche delle stelle che compongodo tali gruppi non permette di crearci un concetto giusto della vera loro forma; ma un certo ordine nella distribuzione delle stelle che ne fanno parte, e del pari il posto, che quasi tutti occupano nel cielo, non lontano dalle grandi stelle, traggono ad importanti induzioni, che si collegano colle varie ipotesi emesse alla struttura dell'universo, e che adesso sarebbe fuor di luogo accennare.

La risolubilità delle *nebulose* apparve (e già vi facemmo allusione) dapprima affatto questione di potenza telescopica. Invece le previsioni d'Herschel, che presentiva non tutte potersi ridurre in gruppi stellari, vennero confermate dalla invenzione dell'Huggins, mostrando lo spettroscopio come le loro condizioni sieno diverse da quelle spettanti alle stelle ed ai gruppi stellari.

Esse tuttavia, da Herschel in poi, si distinguono, per la loro forma, in *irregolari*, *sferoidali o planetarie* ed *ellittiche;* ma alle nebulose di quelle categorie alcune altre si potrebbero aggiungere, più o meno da esse diverse, e prime fra tutte le *anulari*, poscia le *spirali*, e finalmente distintissime le *stelle nebulose*. Qui poi le descrizioni verbali, per sè insufficienti a dare una idea di tali mirabili oggetti celesti, diventano necessarie, dacchè gli stessi mezzi di rappresentazione grafica riescono solo a fornire a loro volta immagini incomplete della figura e della sfumata vaghezza che quelli presentano.

Di tali descrizioni abbondano i trattati d'astronomia, e noi saremmo costretti a violare l'economia dell'opera se volessimo imitarli. Tuttavia ci sia permesso rammentare alcune delle più splendide e più interessanti fra le nebulose. Quella di Orione (Fig. 20), spettante alle *irregolari*, costituì da un pezzo una delle maggiori curiosità del

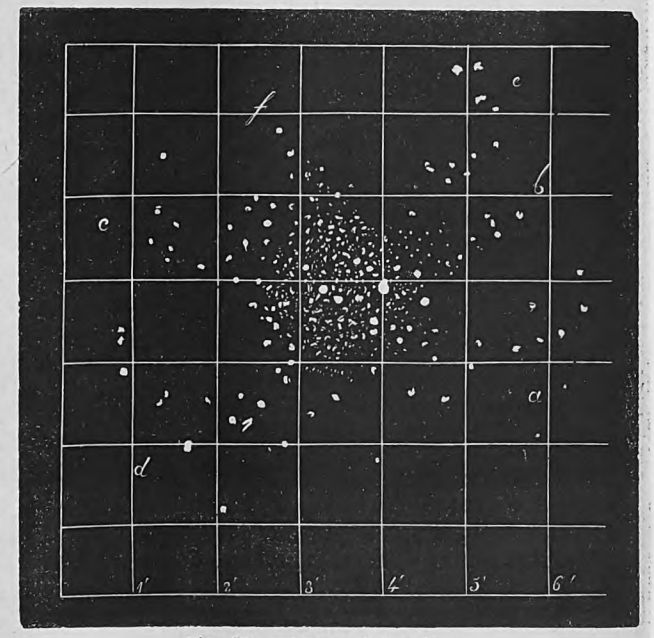


Fig. 18. — Gruppo di Ercole

cielo (1). È situata nell'Elsa della Spada, frammezzo a tre splendide stelle, ed abbraccia da

(1) Anticipando quanto dovremmo dire in seguito sui risultati spettroscopici, basti adesso avvertire che i gruppi stellari danno origine ad un spettro continuo, le nebulose ad un spettro con alcune (per lo più tre) linee luminose. Quello palesa l'esistenza di corpi incandescenti, liquidi o solidi; questo, di corpi incandescenti, ma allo stato di gas.

(1) Vedine il grande disegno pubblicato dal Secchi ad illustrazione della memoria *Sulla grande nebulosa d'Orione*, in *Memorie di matemat. e fisica della Soc. ital. delle Scienze*. Serie III, vol. 1.°, parte 2.ª, pag. 99 e seg. Modena, 1868

Digitized by Google

sè altre quattro stelline che formano il così

Fig. 19. — Gruppo dell'Acquario.

detto *Trapezio di orione*. Sfuggita a Galileo la scopriva l'Huyghens nel 1659, e d'allora in poi si può dire che essa sola vanti un'intera bibliografia. Oltremodo estesa, tanto da occupare $6^{0}\,{}^{1}/_{2}$ in declinazione e 5^{0} in A. R., questa *regina delle nebulose* (così la denomina il Secchi) nella parte centrale è formata come da fiocchi di cotone ammassati l'uno sull'altro a guisa di splendente piramide, che contrasta in modo mirabile col buio delle *fauci*, così chiamate quasi rappresentassero la gola spalancata di una belva. Una verde nebbia sfumata e diffusa a getti, quali raggiati, quali spiraliformi, tuttavia in qualche tratto pressochè continua, occupa notevole spazio di cielo intorno alla luminosa piramide, foggiandosi in modo di rammentare quasi una dorata farfalla svolazzante al sole. Esaminata con forti telescopî dal Bond, dal Rosse, dal Secchi, la si vide in qualche parte scintillare quasi fosse risolubile in istelle; ma lo spettroscopio non sciolse la questione in modo decisivo (1).

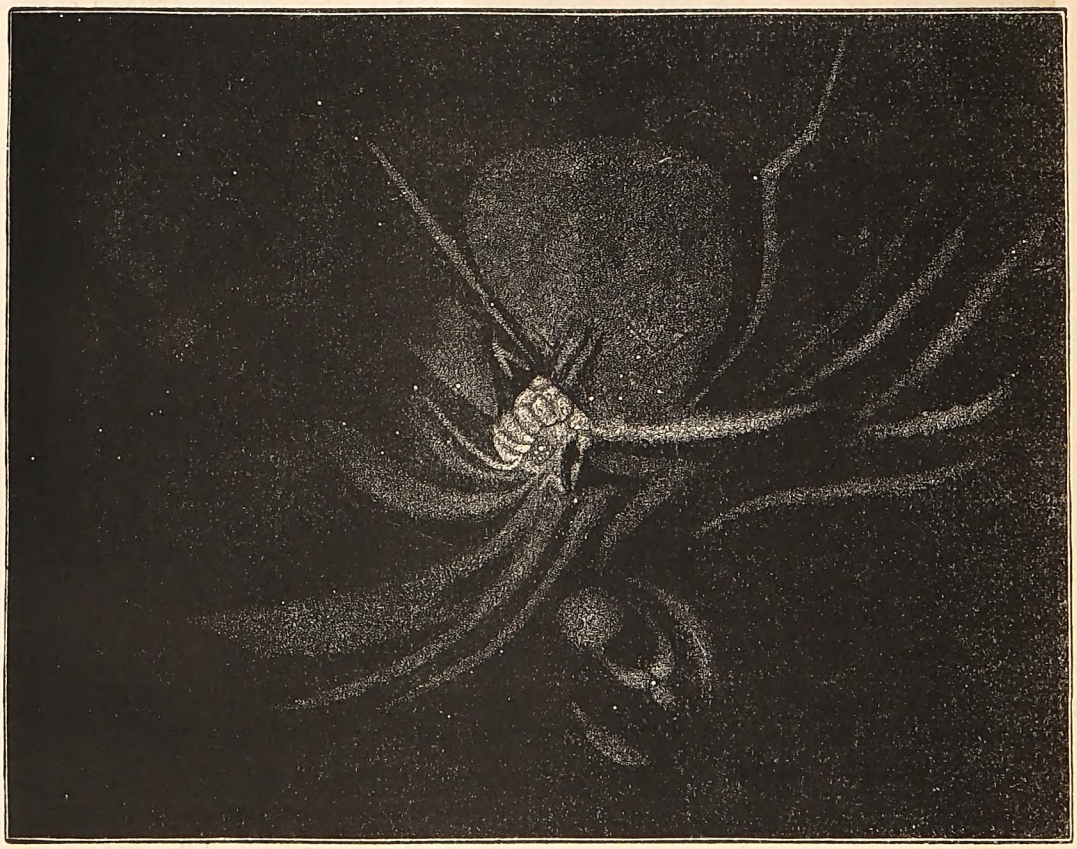


Fig. 20. — Nebulosa di Orione.

Fra le altre irregolari presentiamo quella dell'oméga del Sagittario (Fig. 21), della quale nel bel disegno dell'Holden e del Trouvelot i lettori troveranno una certa somiglianza

(1) Vedi più avanti la nota a pag. 28.

Digitized by Google

colia forma della lettera greca Ω, da cui trasse il nome. Mirabile per la forma bizzarra, e interessante anche perchè si compenetra in parte con un gruppo stellare, e la nebulosa del Gambero nel Toro, che riproduciamo coi suoi tentacoli spiraliformi, quale apparve nel grande riflettore (di 6 piedi) del Rosse (Fig. 22).

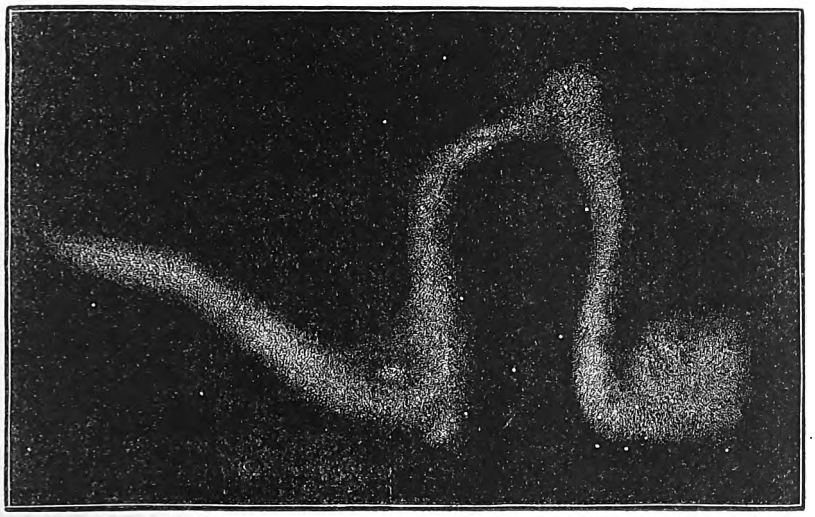


Fig. 21. — Nebulosa ad omega.

Quasi una forma di transizione fra le nebulose irregolari e le regolari sono, da un lato le nebulose multiple (1), *doppie* e *triple*, dove talvolta la regolarità apparisce scomponendole, ma nelle quali finora non si accertò verun legame fisico: e dall'altro le nebulose *spirali* (2) segnalate la prima volta dal Rosse nel 1849, e la cui vista risveglia tosto l'idea di forze violenti che abbiano agitate ed agitino vorticosamente quei lontani e misteriosi sistemi celesti. Un esempio di questo genere può esserci offerto dalla spirale dei Levrieri, quale apparve al Vogel e al Secchi (Figure 23 e 24).

Delle *planetarie* (3), che prendono tal nome per la loro apparenza discoidale, un esempio può fornirci la nebulosa del Sagittario (Fig. 25) (n. 4510 del gran catalogo dell' Herschel), che vista con telescopî di non fortissimo ingrandimento, forniva al Secchi sembianza di Giove contemplato fra le nubi che gli dessero un bel colore azzurro di mare.

Un altro curiosissimo esempio delle planetarie è dato dalla nebulosa dell'Acquario (Herschel, 4628), che di leggieri rammenta nella forma Saturno col suo anello, ovvero con due anse laterali (Figura 26) (1).

Invece uno fra i non numerosi tipi delle *anulari* può fornire la nebulosa leggermente ovale, della Lira (4447), che nei piccoli cannocchiali ha sembianza di un vero anello, il cui centro, con mag-

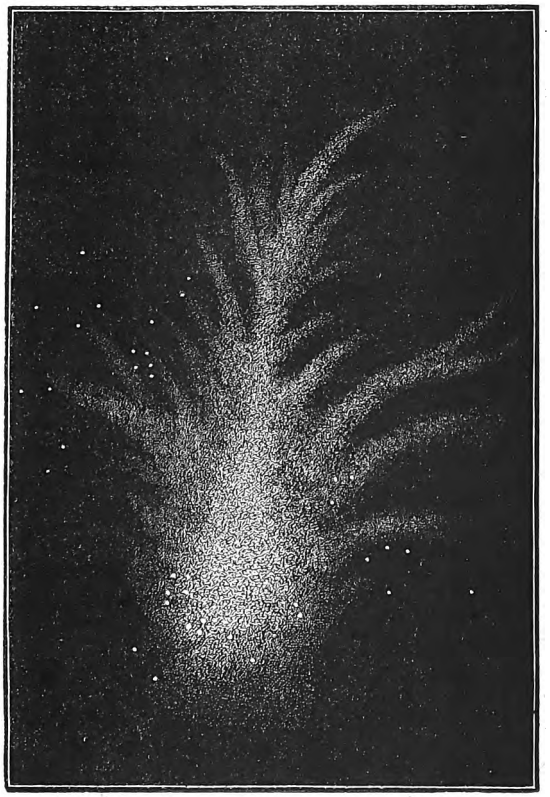


Fig. 22. — Il Gambero, nebulosa nel Toro.

(1) Sec. il Newcomb, si contano 229 nebulose doppie, 40 triple, 30 multiple, di cui una a 9 membri. Il Flammarion, dietro l'esame di 5000 nebulose, ne segnalò 10 doppie in movimento relativo, 2 in movimento rispetto alle stelle che abbracciano, e 1 nebulosa il cui centro è occupato da una stella rotante.

(2) Se ne annoverarono finora circa una cinquantina.

(3) Se ne contarono un 80 di piccole e fra esse una dozzina di anulari e un centinaio di nebulose maggiori.

(1) È in nebulose di questa forma, quale la 4373 del Catal. gener. che si notò uno spettro con tre righe lucenti, cioè quella dell'idrogeno, quella dell'azoto e un'altra non definita (Newcomb, pag. 517).

Digitized by Google

giori ingrandimenti, appare riempiuto di materia nebulosa (Fig. 27). I luccicamenti stellari pur in essa appresi, davanti i risultanti spettroscopici non furono sufficienti ad escludere il suo carattere di vera nebulosa.

Fig. 23. — I Levrieri sec. il Secchi.

Alle planetarie, piuttosto che alle altre varietà di nebulose, s'avvicinano le così dette *stelle nebulose*, in tal guisa chiamate perchè realmente sono semplici stelle ricinte da vasta aureola luminosa.

Varie di splendore e di accidentalità, talvolta a motivo della luce emanata dalla stella centrale, hanno esse pure sembianza

Fig. 24. — I Levrieri, sec. il Vogel.

d'anello. Dai disegni dell'Herschel prendiamo due esempi, uno di Perseo, l'altro dell'Auriga (Fig. 28).

Finalmente le *elittiche* hanno l'apparenza di masse allungate di forma quasi lenticolare, ora più splendenti e concentrate, ora più diffuse, più oscure e solcate da canali nella parte centrale; ora ridotte a semplici linee, perchè noi le vediamo nel senso stesso del piano in cui si sviluppano, ora tuttavia di forma più ampia, e allora affettanti una figura a spirale, pari a quella notata pei Levrieri (Figure 29, 30, e 31).

Problema d'interesse assai rilevante è quello della *variabilità* delle nebulose, ma finora

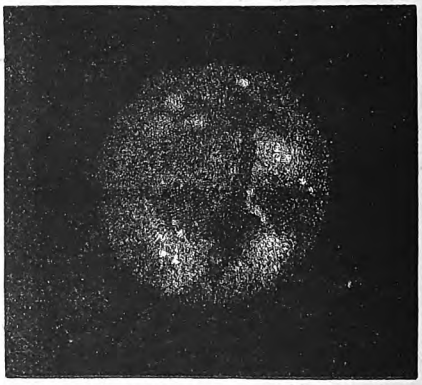


Fig. 25. — Nebulosa planetaria del Sagittario.

anche oscurissimo. È facile comprendere qual peso possano avere nel giudizio portato sulla figura di una nebulosa esaminata a distanza di tempo, l'imperfezione relativa dell'arte

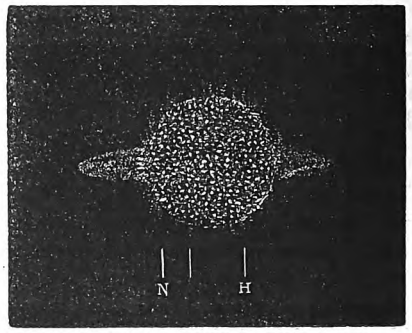


Fig. 26. — Nebulosa planetaria dell'Acquario.

del disegno, e sulla figura e sullo splendore le condizioni stesse dell'atmosfera, trattandosi d'oggetti i più delicatamente sfumati del cielo (1). Le mutazioni, intravviste nella

(1) Lo stesso impiego della fotografia non dà finora risultati sicuri, a motivo sì della scarsa potenza luminosa delle nebulose, della incertezza dei loro contorni e delle varie parti illuminate. D'altronde le immagini fotografiche, riproducendo oggetti così delicati, subiscono l'influenza della durata della posa, della purezza del cielo, della sensibilità della lastra Cnfr. JANNSEN. *Les méthodes en Astronomie phisique* in *Ann. du Bur des Long.*. 1883. pag. 807 Non v'ha dubbio che la fotografia è destinata ad esercitare, anche a proposito delle ricerche sulle nebulose, un'influenza non minore di quella dello spettroscopio. Il 7 marzo 1882, W. Huggins in una fotografia dello spettro della grande nebulosa di Orione riuscì a rilevare uno spettro continuo, dovuto a luce stellare, accanto allo spettro a righe brillanti proprio delle nebulose. È facile arguire l'importanza di questo fatto. *V. Comptes Rendus de l'Accademie*, ecc., 13

Digitized by Google

nebulosa d'Orione, trovarono molti increduli fra gli astronomi: però sono importanti lo sparire e il ricomparire a più ri-

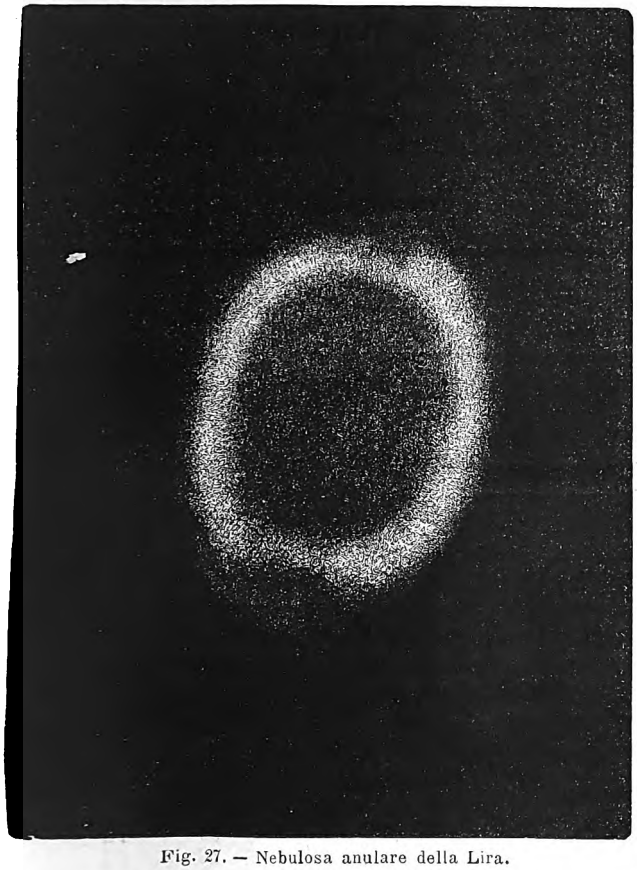


Fig. 27. — Nebulosa anulare della Lira.

prese della nubecola del Toro, segnalata dall'Hind nel 1852, e di altre due più incerte nella stessa costellazione, come pure quelli della nebula che circonda la variabile η di Argo. Parimente lo splendore di due nebulose, una nella Balena e l'altra presso ι del Leone, apparve diversissimo ad osservatori diversi. Le cause perturbatrici di un giudizio preciso in proposito tuttavia son tali, che ammettendo una grandissima probabilità che fra le nebulose vi sieno delle variabili, finora ciò non può ritenersi per assolutamente dimostrato (1)

marzo 1882, pag. 685 e *Revue scientif. de la France et de l'étrang.*, 6 set 1882, pag. 347.

Sui servigi che la fotografia può prestare all'astronomia stellare cnfr. ancora OLIVIER LOUIS, *Application de la photographie à l'étude des infiniment grands et des infinim. petits* in *Revue scient.* ecc. 25 marzo 1882, pag. 353 e seg.

(1) Vedi in proposito *Ann. scient. ed industr.*, Anno XVII, 1880, pag. 43.

Dapprima, allorchè fra le nebuluse si credeva di dover collocare anche la Galassia, la loro distribuzione nel cielo non presentava una norma così spiccata come appare oggidì, in cui quella si deve giudicare quale uno sterminato ammasso di stelle. Ora, senz'ammettere una Via Lattea delle nebulose incrociata colla stellare, non v'è dubbio però che la massima densità delle nebulose sia in contrapposto con quella delle stelle, e ch'esse si agglomerino più fitte che altrove, per l'emisfero boreale, nelle costellazioni della Vergine, della chioma di Berenice e dei Pesci, cioè press'a poco intorno al polo della Via Lattea; mentre per l'emisfero meridionale tale allontanamento dalla Galassia appare meno deciso (Fig. 32). Aggiungasi che nelle stesse classi delle nebulose la tendenza a presentarsi discoste dalla Via Lattea non è uguale: è massima nelle elittiche, minima nelle irregolari, tanto che alcune fra queste ultime biancheggiano sull'orlo, anzi addirittura nel mezzo di quella.

Per quanto poi le nebulose si mostrino sotto molti riguardi diverse dalle stelle si posseggono indizi non trascurabili che, come queste, esse sieno dotate di un movimento proprio. Quale e quanto esso sia, difficile dirlo. La stessa determinazione della loro distanza da noi apparisce un problema oggi

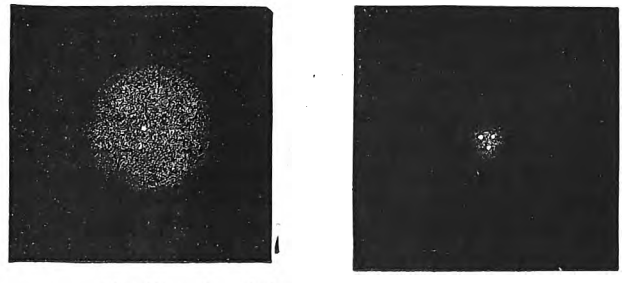


Fig. 28. — Le nebulose di Perseo e dell'Auriga.

non risolubile, nonostante la congettura che sieno a noi più vicine che non le stelle in generale (1). Comunque, fosse pur minima la loro distanza, le plaghe del cielo occupate dalla materia gasosa che le costituisce devono essere sterminate, poichè trasportandole an-

(1) *Ann. scient. ed ind.* Anno VIII, 1871, p. 61.

Digitized by Google

che a sola mezza distanza stellare nebulose di dimensioni pari a quelle de' più grossi pianeti sarebbero impercettibili. Immaginiamo quale dev'essere la loro estensione, se ne vedemmo alcune spaziare per gradi parecchi nella vastità dei cieli (1).

Si chiamarono *fisse* nel loro orbe e si credettero a lungo tali. Ed anche quando non s'ebbe più fede nei cieli cristallini, la posizione reciproca delle stelle parve inalterata, e doveva parerlo anche perchè, essendo i primi cataloghi basati sulla longitudine e sulla latitudine celesti, i movimenti in quel primo senso andavano perduti nell'incertezza della precessione.

Fig. 29. — Nebulosa elittica.

Fig. 30. — Nebulosa elittica.

All'Halley dapprima (1718), poscia al Cassini, già le più splendide stelle —Arturo, Sirio, Aldebaran — sembrarono mosse dal posto loro assegnato nei cataloghi tolemaici, di quantità superiori a mezzo grado, cioè di 42′, di 37′, e di 33′. Quindi nel secolo scorso, anzi fin dal 1760, il Mayer avea potuto formare un primo catalogo di circa 80 stelle nelle quali s'era riconosciuto un movimento proprio, e al suo catalogo ne seguivano in questo secolo moltissimi altri, fra cui il più numeroso fu quello del Mädler, contenente non meno di 3222 stelle. Adesso il numero di quelle il cui movimento fu calcolato non ascende a meno di 4000.

Numero, questo, ragguardevole, quando si pensi alla difficoltà che deriva dal determinare degli spostamenti così esigui che, per la maggior parte di tali stelle, non superano 1″ in un anno, e che possono ascendere, al *maximum*, a 6″ o 7″.

Ecco un prospettino di alcune stelle a movimento proprio, — avvertendo che, quando pure si estendesse l'esame a tutto il cielo, le tre prime vanno tra quelle in cui tale movimento è più forte (1).

Stella	Grandezza	Asc. retta	Declinaz.	Movimento proprio in un anno: Grandezza	Direzione
1. Groombridge 1830	7	11. ore 46m	+ 38.° 35	7″. 05	145.°
2. Lacaille 9352	7.8	22. 58	— 36. 43	6 96	79
3. 61ª del Cigno	5.6	21. 2	+ 38. 10	5 22	61
4. Arturo	1	14. 10	+ 19. 48	2 26	183
5. Procione	1	7. 33	+ 5_1 32	1 33	214
6. Sirio	1	6. 40	— 16. 33	1 25	201
7. 70 *p* di Ofiuco	4	18. 0	+ 2. 32	1 10	170

In questo prospettino appare abbiano il massimo movimento tre stelle di piccola grandezza (2). Ciò non è se non la eccezione. Generalmente, i massimi moti spettano alle stelle delle prime grandezze. Così il Madler ragguagliando il loro spostamento a secolo, trovò che in tale periodo 65 stelle di 1.ª e 2.ª gr. si spostano in media di 22″2: 154 stelle di 3.ª, di 16″8; 312 di 4.ª, di 13″7; 690 di 5.ª, di 11″1; 994 di 6.ª, di 9″0; finalmente 921 di 7.ª, di 8′ 6. Regola che a sua volta si verifica nelle medie, ma non già in casi particolari.

Ammettendo che tutte le stelle fossero dotate di una medesima rapidità di movimento proprio, esso doqvrebbe risultare maggiore in apparenza per le stelle vicine. Ma nemmeno questo si verifica, e, di regola, il più forte movimento spetta a quelle collocate a mediocre distanza.

Si credette ancora, e la voce del Mädler aveva avvalorato l'ipotesi, che le stelle possedessero un movimento comune intorno ad una specie di sole centrale, analogamente

(1) Oltre i grandi cataloghi, per la conoscenza dei principali gruppi stellari e nebulose, vedi il *Verzeickniss von Nebelfleche und Sternhaufen*, a pag. 718 del Newcomb cit. e il *Catalogo C. di soggetti singolari e curiosi contenente i principali gruppi e le nebulose più importanti*, a pag. 417 e seg. delle *Stelle* del Secchi.

(2) Una delle stelle dell'emisfero australe, la 88 del Catalogo britannico, secondo lo Stone, ha un movimento assai più forte, poichè in ascensione retta si sposta di 10″8 e in declinazione di 0″32 in un anno. *Ann. scient. ed indust.* Anno XIII, 187, pag. 16.

(1) Tali moti, per la stella al N. 2 furono determinati dal Gould, per Sirio dallo Stone, per le altre stelle dall'Argelander. La *direzione* del movimento proprio si computa come l'angolo di posizione, in modo da rappresentare con 0.° la direzione verso N., con 90.° quella verso E., con 180.° quella verso S., ecc.

Digitized by Google

a quanto succede pel nostro sistema planetario. Anzi questo punto centrale del moto pareva dovesse trovarsi nelle Plejadi. Adesso anche tale congettura è tramontata.

Un fatto invece di cui non si può dubitare, è che parte dei moti proprî stellari sieno prodotti da un reale spostamento del nostro stesso sole, e di noi con esso, nell'universo. La tendeaza uniforme di molti moti proprî qermetteva di fissarne una prima probabilità. Esso venne cenfermato dall'applicazione di un principio notissimo, che si ha sovente occasione di riscontrare nelle osservazioni della vita ordinaria. Se noi ci spostiamo in un senso qualunque fra vari oggetti, vediamo apparentemente discostarsi fra loro quelli verso i quali camminiamo, avvicinarsi quelli dai quali ci allontaniamo. Analogamente dovranno quindi *divergere* le stelle verso cui cammina il sole e *convergere* quelle da cui si allontana. In realtà non basta riconoscere l'esistenza di tale avvicinamento o di tale allontanamento per ammettere il moto proprio del sole, e meno ancora per determinare con sicurezza il punto verso cui esso si dirige: bisogna sceverare nel fatto l'azione dei moti proprî effettivi delle stelle. Di tali ardue questioni si occuparono l'Herschel, l'Argelander, i due Struve coll'esame di stelle dell'emisfero settentrionale, il Galloway e Leo de Ball con quelle dell'emisfero australe.

Già all'Herschel il cammino del sole pareva diretto verso la costellazione di Ercole. Dalla media delle varie determinazioni si viene pressochè a confermare il suo avviso, onde appare che il punto (apice) a cui è diretto il nostro sistema, si trovi pressapoco a 258° di asc. R. ed a 28° di declinazione boreale (Fig. 33). La velocità di tale cammino non si può computare se non per congetture a base labilissima, stante l'imperfetta nostra conoscenza delle distanze stellari. Tuttavia il moto del sole durante un anno di poco gli fa superare uno spazio eguale ad una volta e mezzo (1.623) la sua media distanza dalla terra, cioè corrisponde a circa 242 milioni di chilometri, poco più di 660,000 chilometri al giorno; rapidità che, diretta com'è ad allontanarlo da Sirio, avrebbe non ostante mestieri ancora di 500 secoli almeno per ridurre sensibilmente lo splendore di questo sole, uno dei prossimi al nostro (1).

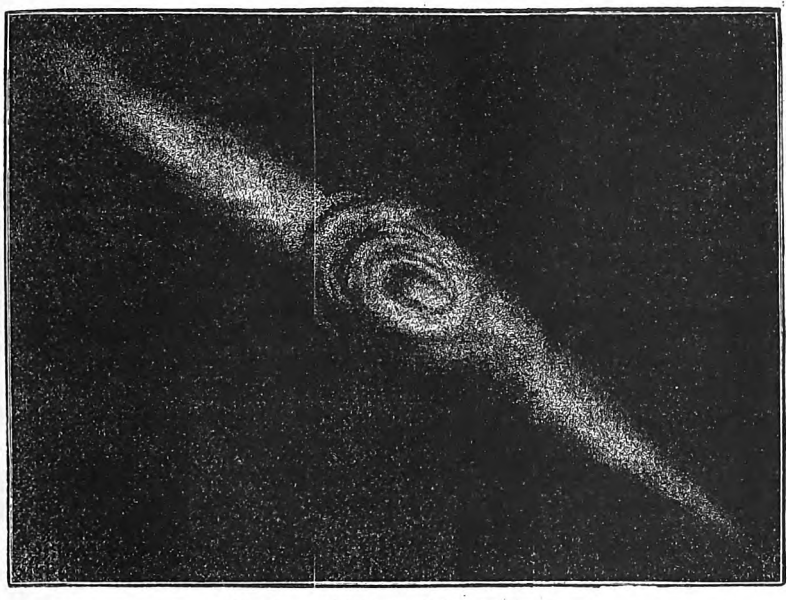


Fig. 31. — Nebulose elittica nel Leone.

Fra le stelle a più forte movimento proprio vanno notate le doppie, mentre in generale i gruppi stellari presentano un procedere uniforme e di conserva fra le varie stelle che li compongono; procedere che il Proctor chiamava con frase incisiva *star-drift*, quasi *deriva* o scorrimento di stelle. Un bel esempio di tal genere si nota nelle Plejadi, una metà delle quali vanno in un senso, l'altra metà nel senso opposto, ed altri se ne avvertono all'infuori dei gruppi stellari, come quello offerto da cinque (β, γ, δ, ε. ζ) delle sette principali stelle dell' Orsa Maggiore, che si scostano tutte in una medesima direzione, mentre α ed η muovono in senso opposto.

Dopo l'osservazione, fatta già nel 1842 dal Doppler — che riteneva, nei casi di avvicinamento o di allontanamento delle stelle da noi, dovere in esse manifestarsi una muta-

(1) Oltre le solite opere, cnfr. *Ann. scient. ed ind.*, Anno XIV, 1877, 57.

Digitized by Google

zione di colore in causa dell'allungamento o dell'accorciamento dell'onda luminosa, come avviene del *tono* nelle onde sonore (1), — si sperava di poter dedurre con tale mezzo i moti delle stelle nel senso della visuale.

Caduta l'ipotesi di una mutazione di colore capace di palesare il moto stellare nel senso della visuale, si credette che questo fenomeno desse luogo almeno ad uno spostamento nelle righe dello spettro, e quindi a tale fatto che potesse venire facilmente rilevato a mezzo dello spettroscopio (2). Realmente, delicatissimi sperimenti diretti a verificare la cosa, compiuti dal Secchi, dall'Huggins e dal Vogel, non invalidarono il principio, ma però diedero in alcuni casi risultati contradditorî, sempre conclusioni di valore soltanto approssimativo (1), sufficienti tuttavia a fornire, se non le vere quantità dei movimenti stellari, per lo meno un giusto concetto intorno alla direzione e all'indole dei mede imi.

Ma alle ricerche spettroscopiche la fisica celeste fu debitrice di una scoperta che sol-

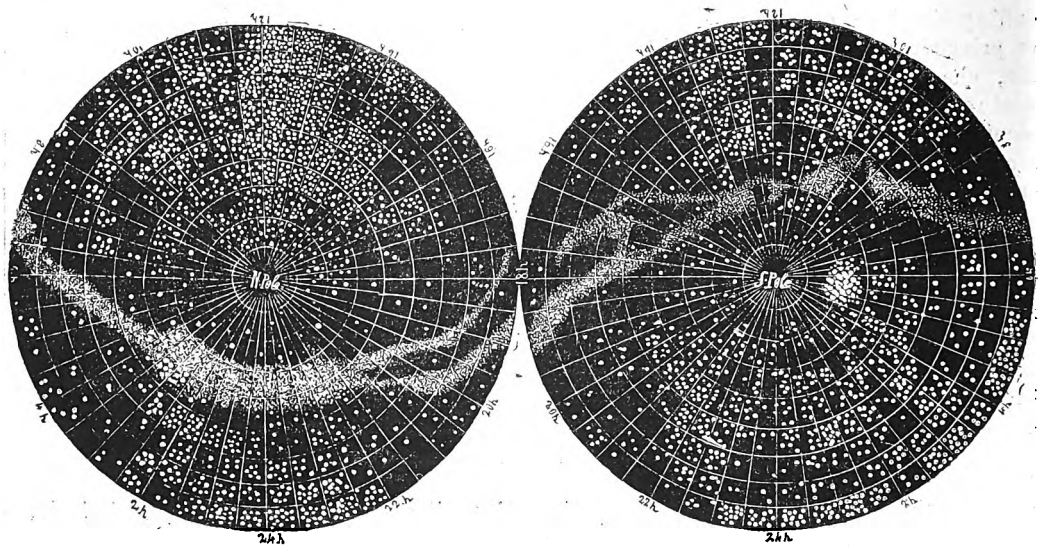


Fig 32. — Distribuzione delle nebulose secondo il Proctor.

tanto mezzo secolo fa poteva sembrare sogno utopistico di visionari: quella che ci rilevò la costituzione chimica del nostro e di altri soli da noi ben più remoti di quello (2).

(1) Si sa che l'*altezza* di un suono dipende dal numero delle onde sonore che in un tempo determinato colpiscono il timpano dell'orecchio. Analogamente avviene pei colori che si presentano diversi all'occhio a seconda della diversa rapidità delle vibrazioni dell'etere luminoso. Ora, come pel suono avviene che, avvicinandosi la fonte sonora, l'*altezza del tono*, accorciandosi l'onda, *cresce* (e ognuno lo avrà sperimentato ponendo mente al fischio di una locomotiva in movimento) e allungandosi, *cala*; parimente per la luce avviene che l'avvicinarsi o l'allontanarsi della fonte luminosa, accorciando od allungando le onde luminose, produrrà mutazione di colore. Siccome è la luce violetta quella che produce il maggior numero di vibrazioni in un dato tempo, e la rossa che ne produce il minore; avverrà che un rapido avvicinamento, aumentando il numero delle vibrazioni, dovrà far predominare la luce violetta, e un rapido allontanamento la luce rossa delle stelle. Per velocità minori, i trapassi saranno più graduati, e quindi daranno origine ad altri colori. Questa era la teoria, non superiore a tutte le obiezioni. Nella pratica il fenomeno non si mostrò suscettibile di utili conseguenze.

(2) Dato che in una stella esista una materia la quale produca nello spettro una riga determinata, essa, quando la stella si scosti o si avvicini, produrrà ancora la riga stessa, ma in altro luogo dello spettro, poichè al cambiamento nella lunghezza dell'onda deve seguire un cambiamento nella rifrangibilità. Tale fatto innegabile produce però delle differenze così piccole, che a misurarle occorrono strumenti di una grandissima potenza dispersiva ed una estrema diligenza nelle osservazioni. A proposito dello spettro vedi poi più avanti.

(1) Tali investigazioni tuttavia si proseguono sempre all'osservatorio di Greenwich dai signori Christie e Maunders. Secondo tali esami spettroscopici, finora rimane accertato che Aldebaran, Rigel, α di Orione, Sirio, Castore, Procione, Regolo, β dell'Orsa Maggiore, la Spica, ecc. si allontanano da noi, mentre α di Andromeda, Polluce, γ del Leone, α ed η dell'Orsa Maggiore, β del Leone, Arturo ε di Boote, Vega, α del Cigno, α del Pegaso si avvicinano. Però gli errori probabili per la maggior parte di queste determinazioni sono ancora enormi. Per es., si valuta che la β dell'Orsa Maggiore si scosti da noi colla velocità di 30 chil. al secondo, ma l'errore probabile di questo dato supera ancora i 15 chil. Per Arturo, però, la velocità di avvicinamento è di 47 chil al secondo, con un errore probabile di soli 3 chil. V. Newcomb, pag. 530; — *Ann. scient. ed ind.* Anno IX. 1872, pag. 81; Anno XIII, 1876, p. 19; Anno XIV, 1877, pag. 57; — Secchi, *Le Stelle*, pag. 199.

(2) Oltre le opere cit. cnfr. Secchi *Le Soleil*, 1, pag. 215 e seg., nonchè le memorie sugli spettri prismatici delle stelle che citeremo a loro posto; — *Ann. scient. ed ind* Anno II. 1866, pag. 57 e seg.; Anno VII. 1870, pag. 15 ed altrove; — Humboldt, *Cosmos*, 2°, p. 398 ed altrove. Un opuscolo popolare in tali argom. è quello di Gust. Milan

Digitized by Google

Anche qui, come in tutte le scoperte scientifiche, i precursori furono molti; tanto che si potrebbe forse risalire, cercandoli, fino al padre Grimaldi ed al Newton, che primi conobbero le proprietà del prisma, o per lo meno al Wollaston, l'immediato predecessore di

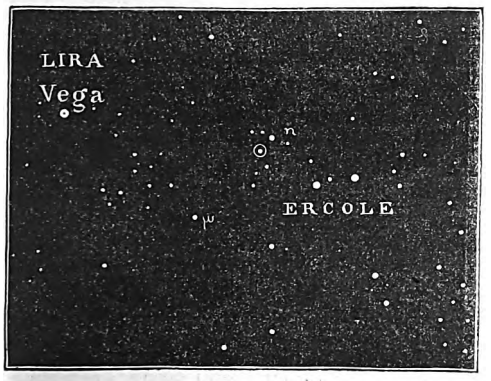


Fig. 33. — Punto del cielo al quale mira il Sole nel suo movimento proprio.

Fraunhofer. Non è nostro compito esaminare quanto merito nelle ricerche spettroscopiche sia dovuto singolarmente al Wheatstone, all'Angstrom, allo Zantedeschi (1), all'Amici, al Donati e ad altri insigni. Certo che uno dei più grandi passi in questo mirabile studio fu compiuto allorchè, intorno al 1861, il Bunsen e il Kirchhoff collegarono la presenza delle righe colla composizione chimica delle sostanze luminose, d'onde venne la determinazione delle righe del sole, nuovo e prezioso alfabeto, capace di palesarci i secreti dei mondi lontani.

Per quei lettori ai quali non sono famigliari i principî della spettroscopia, ci permettiamo di aggiungere alcune nozioni elementari su questo soggetto. Si sa cosa sia lo spettro solare; l'arcobaleno ce ne dà un esempio, derivato da causa naturale, noi possiamo a nostra volta produrlo, facendo passare un raggio di sole attraverso un prisma di vetro, invece che attraverso le nubi. In entrambi i casi, si riprodurranno i colori dell'iride, *sette* in apparenza, ma che in realtà si possono giudicare di numero illimitato. L'ordine col quale si disporranno tali colori sarà il seguente: *violetto, indaco, azzurro, verde, giallo, aranciato, rosso*, rappresentando quest'ultimo i raggi meno deviati, il violetto i raggi più deviati dal loro cammino nel traversare il prisma. Al di là del violetto, però, avviene un effetto di rifrazione della luce, invisibile al nostro occhio, ma che si palesa sopra certi prodotti chimici; quello che origina dai cosiddetti *raggi invisibili*. Nel 1814, poi, il Fraunhofer riscontrò che, dando al prisma certe posizioni speciali, si presentavano improvvisamente alcune *righe oscure* che tagliavano trasversalmente lo spettro. Egli, a dir vero, era stato in tale scoperta preceduto dal Wollaston fino dal 1802; senonchè, dalla osservazione del fisico inglese non si era saputo trarre costrutto qualsiasi. Le righe scoperte dal Fraunhofer erano 574, ma fra esse se ne distinguevano otto principali, ch'egli designò colle lettere dell'alfabeto majuscolo, notando con *A* quella che si trova al limite del rosso, con *B* quella che sta nel mezzo di questo colore, con *C* quella prossima all'aranciato, con *D* quella fra l'aranciato ed il giallo, con *E* quella del verde, con F quella al principio del turchino, con *G* quella dell'indaco, con *H* quella del violetto. Altri due gruppetti di righe, una nel rosso e l'altra nel verde, sono disegnati con le minuscole *a* e *b*. Le *righe di Fraunhofer* — che così si denominarono in onore del pioniere della spettroscopia — furono poi portate a 2000 dal Brewster, e adesso se ne contono oltre 5000.

Un'altra scoperta tenne dietro ben tosto a questa prima delle righe: e cioè, quella del fatto, che mentre la luce solare, sì diretta che indiretta — cioè, in questo secondo caso, riflessa dalla luna da un pianeta o da un oggetto terrestre qualunque — produce sempre lo stesso spettro, le luci artificiali determinate dall'ardere di una qualunque sostanza diversa — carbone, gas, un metallo qualsiasi — dànno origine a spettri differenti tanto nella distribuzione dei colori quanto in quella delle righe di Fraunhofer. Si aggiunga ancora, che nell'ordine di queste righe si mantiene una corrispondenza costante colla materia che brucia; quindi, data una certa disposizione di righe nello spettro, questa disposizione ci rivela la sostanza che lo emette. Tale fatto fu verificato per tutti i corpi terrestri, dei quali facilmente vennero determinate le righe caratteristiche. Così, per esempio, lo spettro del potassio presenta i sette colori dello spettro solare e due brillantissime righe rosse alle due estremità; così lo spettro del sodio non presenta nessuno dei colori dell'iride, ma soltanto una splendida riga gialla al posto che occupa il giallo nello spettro solare. Di più, basta una quantità assolutamente minima di una sostanza che arda fra le altre, perchè riveli la sua presenza davanti lo spettroscopio.

Fu del pari importante la scoperta della cosiddetta *legge di rovesciamento degli spettri*. Wheatstone nel 1835, aveva avvertito che i vapori incandescenti di un metallo producono una fascia oscura solcata da righe lucide costanti. Kirchhoff mostrò come

La chimica del sole e delle stelle, in *Scienza del popolo*, Firenze, 1868. Invece, opera di carattere scientifico e sperimentale, eppure di forma abbastanza popolare, è quella di V. Lockyer (n), *Studi di analisi spettrale*, trad. ital. Milano, Dumolard, 1878. V. ancora la Tav. III dell'Atlante.

(1) Il merito principale dello Zantedeschi fu, secondo il P. Secchi di aver aggiunto ai primi imperfetti strumenti il *collimatore*, per cui si può dire creasse il vero spettroscopio. Cnfr. Secchi, *Le Soleil*, I. pag. 221. In ordine all'Amici, al Donati, ecc., v. ivi. e ancora Humb., *Cosmos*, III. pag. 53.; Secchi, *Le stelle*, pag. 69.

Digitized by Google

un corpo in istato di vapore assorba precisamente quei raggi luminosi che gli sarebbero caratteristici s'esso corpo bruciasse. Quindi, laddove un corpo che brucia genera delle righe lucide, ivi proprio, frapponendo dei vapori dello stesso corpo, si disegnano delle righe oscure. Allorchè, arguendo da quanto si era riscontrato sui varî corpi terrestri, si volle portare l'esame spettroscopico sul sole, il primo corpo che in base a tal legge vi si rilevò, fu il sodio.

Ecco finalmente quali si reputano adesso i principî generali sui quali si basa l'esame degli spettri: 1) i corpi puramente incandescenti solidi o liquidi e. per quanto finora sappiamo, i gas ad alta pressione, non presentano mai righe lucide separate, sibbene uno spettro continuo; 2) le righe lucide sono prodotte da gas non compressi e si osservano ancora ogniqualvolta una sostanza in combustione si combina chimicamente con altre; 3) i vapori delle varie sostanze ed i gas assorbono diversamente i raggi dei diversi colori e precisamente assorbono quelli ch'essi emettono allorchè sono luminosi; 4) un gas che brucia invia una luce avente lo stesso grado di rinfrangibilità di quella ch'esso assorbe, sicchè il suo spettro consiste dello stesso numero di righe lucide che occupano il medesimo posto delle righe oscure, alle quali avrebbe dato luogo nel caso di assorbimento.

Adesso, dunque, dalle varie ricerche si arrivò a tali conclusioni, per le quali, presentato un certo spettro, esso dà diritto ad asserire essere questo o quell'altro il corpo da cui emana. Le conseguenze di tale verità, dimostrata per le luci da noi prodotte artificialmente, non era agevole estenderle alle stelle senza che l'esame di un corpo vicino a noi, e a noi relativamente noto, servisse d'intermediario e di termine di confronto. Tanto che gli studî del Kirchhoff dapprima (1), e poi della maggior parte degli astronomi — fra i quali, degl'Italiani, notiamo il Secchi, il Tacchini e il Respighi, e degli stranieri l'Huggins, il Vogel, il Lockyer, il Draper — dovettero anzitutto rivolgersi al sole e allo studio dei varî elementi dei quali esso consta. Determinata così la natura di questa fra le stelle, gli studî dell'Huggins e del Miller, del Secchi, dell'Arrest, del Vogel e di altri furono, sul principio, diretti ad analizzare gli spettri di alcune altre fra le più splendide — Sirio, Aldebaran, Arturo, la Capra, — e ne risultò ch' essi si manifestavano come spettri continui, somiglianti al solare, solcati da numerose righe oscure, tali da far ritenere presenti in quelle stelle, e sotto la forma di vapore, alcuni degli elementi stessi contenuti nel sole. Le ulteriori ricerche però mostrarono che gli spettri non erano identici nelle varie stelle, ma che davano luogo a differenze ricorrenti, in modo da presentare delle vere classi o, come volle opportunamente chiamarli il Secchi, dei veri *tipi* stellari.

Un primo tentativo di tale classificazione, già dal 1864, era stato fatto dal Rutherfurd; ma la fissazione dei tipi rimasta ancora nella scienza, e in gran parte confermata dalle ricerche ulteriori, fu una delle glorie del Secchi (1).

Tali tipi stellari, nel complesso accettati sulle basi da lui poste, in seguito agli studi del Vogel e di altri, sarebbero quattro, ed ecco le loro caratteristiche.

Il *primo tipo* comprende quelle stelle che ad occhio nudo appariscono come bianche ed azzurrognole: Sirio, Vega, Atair, Regolo, β, γ, δ, ε, ζ, η, dell'Orsa Maggiore, e quindi il più delle stelle di 1.ª grand. e circa una metà di quelle finora esaminate (2). Il loro spettro contiene, accanto a numerose finissime righe metalliche, alcune grosse linee, che paleserebbero la presenza dell'idrogeno, secondo il principio dell'assorbimento. Le parti più rinfrangibili dello spettro, l'azzurro e il violetto, sono particolarmente intense. Alcune righe accennano pure alla presenza del magnesio e del sodio, e più debolmente a quella del ferro. Una certa sfumatura nelle linee dell' idrogeno sarebbe indizio di temperatura elevatissima.

Gialle, le stelle del *secondo tipo* avrebbero per principale rappresentante il nostro sole, e dietro a lui la Capra, Polluce, Arturo, la Polare, Aldebaran. Il loro spettro presenta un gran numero di righe, qua più sottili la più grosse, in modo da affermare una grande somiglianza di costituzione chimica coll' atmosfera solare, così ricca di vapori metallici. La presenza dell'idrogeno, del sodio, del ferro, del magnesio vi è indiscutibile. Le linee dell'idrogeno, per quanto distinte, sono meno

(1) Preceduto forse dal Fraunhofer (*Annuario scient. ed ind. Anno VII*, 1870, pag. 15), inquantochè questi conobbe le differenze tra gli spettri delle stelle e quelli del sole e dei pianeti

(1) Fra le moltissime Memorie da lui pubblicate su questo soggetto nei *Comptes Rendus de l'Academie*, nelle *Memorie dell'Acad. Pontif. dei Nuovi Lincei* ed altrove per tale fissazione dei tipi ci sembra fondamentale, come punto di partenza, quella *Sugli spettri prismastici delle stelle fisse*, in *Memorie di matem. e fisica della Soc. ital. delle Scienze*, serie III, Modena, vol. I., parte 1.ª, 1867, pag. 67. Essa poi venne corretta e completata dalle *Memorie* II e III coll'istesso titolo pubblicate nelle stesse *Memorie* ecc. serie III, vol. II., 1869-76, pag. 73 e 191.

(2) Ciò è confermato anche dal Vogel e dall'Arrest. Il primo fra le 1800 stelle da lui esaminate spettroscopicamente, ne trovò 1100 bianche, 500 gialle, 200 rosse o di altro colore.

Digitized by Google

grosse che nelle stelle del primo tipo. Nelle parti più rifrangibili dello spettro (turchino e violetto) le righe appaiono più languide delle righe analoghe del primo tipo. Lo spettro di queste stelle — che, a motivo della finezza delle righe, esige, per esser bene osservato, ottime condizioni atmosferiche — va soggetto anche a mutazioni concordanti col variar di colore delle stelle medesime, e pare altresì a tempi diversi, sicchè talune passano a presentarsi talvolta come stelle del terzo tipo. Forse ciò deriva da eruzioni analoghe a quelle che avvengono nel sole, col quale queste stelle del secondo tipo presentano molta analogia, tanto rispetto alla natura chimica e alla distribuzione della materia, quanto alla densità dell'atmosfera ed alle condizioni termiche.

Scarse di numero, quelle del *terzo tipo* appartengono alla categoria delle stelle aranciate e rosse, e spesso alle variabili a periodo irregolare. Vi si annoverano, fra le altre l'α di Orione e dello Scorpione, l'o della Balena, Antares. Caratteristiche per questo tipo e pel susseguente sono le righe o bande dette a colonnato, poichè il loro spettro è formato di linee nere e lucide interpolate a zone o bande oscure, somiglianti a colonne illuminate dal lato del rosso. Questo spettro, che si giudica formato di due sovrapposti, ha permesso di riconoscere però la presenza del sodio, del ferro, del magnesio, forse quella del carbonio, e più difficilmente quella dell'idrogeno.

Composto di stelle varie, deboli, telescopiche, di solito colorate in rosso di sangue, il *quarto tipo* presenta uno spettro che somiglia al precedente, liberato però da alcune delle linee nere e formato in guisa che molte delle colonne in questo sembrano illuminate dal lato opposto, cioè dalla parte del violetto. Del resto, è uno spettro assai vario, questo, nel quale in alcuni casi si nota una coincidenza colle fasce del tipo precedente, ma con differente larghezza; in altri si avverte l'esistenza, nella zona media, di righe separate; in altri ancora tale zona è tutta uniforme. Il Vogel, che vi riconobbe lo spettro dell'idrogeno carburato, considera questo tipo, non come quarto, ma come una varietà della terza classe del Secchi.

Finalmente vi sono alcuni spettri stellari che sfuggono a qualsiasi classificazione in tipi. Fra essi meritano d'esser rammentati quello di β della Lira e più ancora quello della γ di Cassiopea. Somiglia questa alle stelle del primo tipo, ma invece di presentare oscure le righe di assorbimento dell'idrogeno, le mostra lucide, fenomeno unico nel cielo.

Dato che elemento di confronto per le stelle sia dunque, oltre le sostanze terrestri, il sole, — l'esame spettroscopico, confermato anche in parte dall'azione chimica fotografica, rivela che la maggior parte delle stelle presenta una somiglianza fisica e chimica con esse. Quindi si devono generalmente ritenere masse rivestite d'un' atmosfera, e tali da differire tra loro più in grazia dello spessore e della temperatura spettanti al loro involucro atmosferico diversamente assorbente, anzichè per differenza di sostanze che la costituiscano. Tuttavia, fra le stelle dei due primi tipi e le rimanenti, la diversità è abbastanza rilevante. In quelle predominano i vapori metallici assorbenti: in queste, oltre le metalliche, esistono anche le righe di altri gas e probabilmeute del carbonio combinato coll'ossigeno o coll'idrogeno. Oltre che le prime avrebbero atmosfera più densa e più calda.

Finalmente un altro fatto curioso, rivelatoci dallo spettroscopio, è questo: che i tipi stellari non sono distribuiti nel cielo a capriccio, ma che le stelle di ciascuno d'essi si raccolgono in ispazi celesti prossimi. Così le stelle del primo tipo si trovano più frequenti nelle Plejadi, nel Toro, nell'Orsa Maggiore ecc., quelle del secondo, nell'Eridano, nell'Idra, e così di seguito. Siccome nessun fatto è accidentale nel mondo, è mestieri per ora registrare pur questo, riserbandoci di trarne delle conclusioni a tempo più opportuno.

L'ampiezza dei cieli e l'immensità dello spazio s'impongono. Il pensiero segue a lungo l'occhio, che cerca di afferrare alla meglio le distanze e i successivi piani prospettici, lo segue ancora quand'esso s'arma di telescopio quando interroga sul prisma le oscillazioni e la natura di molecole lontanissime. Pervenuto al limite estremo, oltre il quale i sensi umani, anche soccorsi dall'arte, non giungono, il pensiero segue sempre sua via e crea uno spazio infinito a dimensioni inconcepibili.

Però una tale creazione potrebbe essere giudicata esclusivo lavoro di fantasia, quasi un reagire contro le idee restrittive antropocentriche dei tempi che precedettero Copernico. Più che quella sequela di ipotesi e d'induzioni, a dare un'idea delle dimensioni dell'universo avrebbero valore poche cifre, anzi forse basterebbe una cifra sola. Si può essa pretendere oggidì dalla scienza?

Il problema della distanza degli astri occupò le menti degli uomini fin dalla più re-.

Digitized by Google

mota antichità; ma in quei tempi la sua soluzione era vincolata a meschine idee e ad ancor più meschini mezzi. Il concetto di Aristarco da Samo, che dall'esame della luna dicotoma trasse una prima idea della distanza del sole, parve, allora, sublime divinazione (1).

Adesso il problema si scioglie coi principî medesimi sui quali si basa la misura della distanza di un corpo a noi inaccessibile. Per ottenerla è necessario avere una base, della quale si conosca con precisione la lunghezza.

Tale misura è uno dei problemi più semplici della trigonometria piana, uno di quelli che ricorrono più spesso nei lavori agrimensorî, e la cui soluzione anzi di solito si ottiene, quando non si esiga una grande esattezza, anche senza l'impiego di formole. Si voglia per esempio, misurare a distanza che separa il punto A (Figura 34)

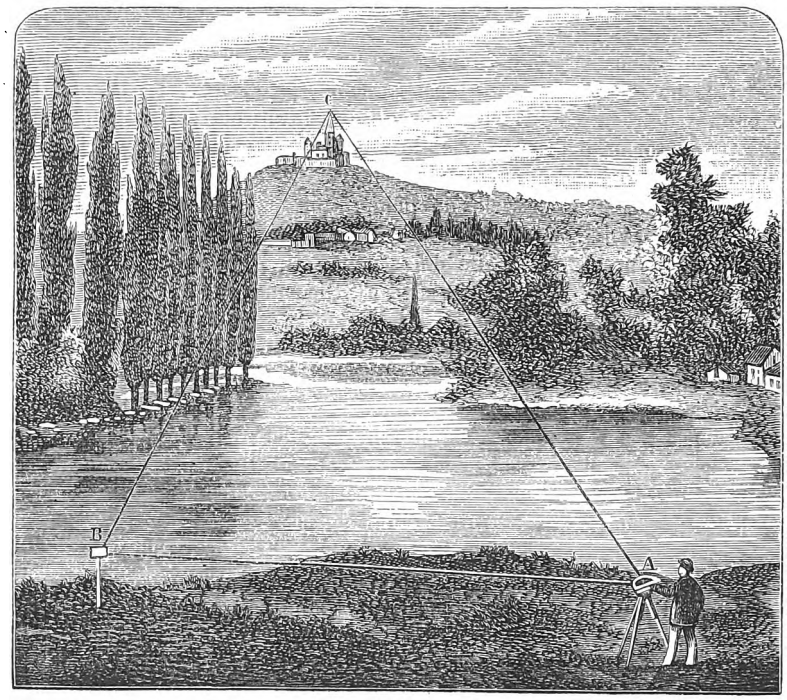


Fig. 34 — Misurazione della distanza di un punto inaccessibile.

da un campanile qualunque C, da noi diviso mediante un ostacolo insormontabile, un fiume od altro. Al di qua dell'ostacolo noi conduciamo una linea di *base* da A in B, e la misuriamo con diligenza. Poi, con uno strumento misuratore d'angoli (un grafometro, per esempio) misuriamo i due angoli che in A e in B la nostra base forma colle visuali che da quei punti si possono condurre al campanile C. Con queste visuali, colla base e coi due angoli adiacenti a questa, noi abbiamo costruito un triangolo, di cui ci son noti un lato e due angoli: sapendo che la somma dei tre angoli di un triangolo è eguale a 180°, conosceremo agevolmente il valore del terzo angolo, quello che le due visuali formano incontrandosi sul campanile. Ora, fra questo angolo (sotto il quale un osservatore posto sul campanile vedrebbe la retta A B) e la distanza interposta fra A B e il vertice C esiste un rapporto numerico costante: più lontano è il punto C, più l'angolo sarà acuto; più esso sarà vicino, più l'angolo riuscirà ottuso. I pratici sanno che supponendo isoscele il triangolo, se si rileva essere uguale ad 1 grado l'angolo al detto vertice C, la distanza è uguale a circa 57, 3 volte la base A B; se l'angolo è di $^1/_2$ grado, la distanza sarà doppia, cioè di 114.6; se l'angolo è 1', la distanza sarà di 3438 (57.3 × 60); se finalmente l' angolo è solo di 1'', la distanza sarà di 206265 (57.3 × 60 × 60) volte la base.

Ora pel sole, per la luna e per i pianeti tale base venne fornita dalla Terra, la quale divenne in tal guisa una specie di unità di misura per sistema solare. Quindi la misura delle distanze alle quali si trovano i corpi da noi più vicini si ridusse alla determinazione dell' angolo sotto il quale da questi corpi si vede il raggio terrestre, cioè alla determinazione della loro *parallasse*. Generalmente, tale parallasse — che non si determina sempre in via diretta, come vedremo a suo luogo — è rappresentata da valori assai piccoli. Per la luna, per es., che presenta una parallasse enorme a confronto di tutti gli altri corpi celesti, essa ha un valore medio di 0° 57′20″, cioè inferiore ad un grado; pel sole, le più recenti ed accreditate parallassi oscillano fra i valori di 8″7 e 8″ 9, rappresentando quella della luna una distanza di quasi 60, questa del sole (calcolandola in media ad 8″81) una

(1) DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie ancienne*, tome premier, Paris, Courcier, 1817, p 73; — HÖFER, *Hist. de l'astron.* p. 114 — Intorno alla idea che ancora del sec. XVII si aveva sulla parallasse delle stelle, v. **Prospetto VII**. Quanto al metodo da Aristarco adottato per la misura della distanza solare, v. più avanti nel capitolo I', *Il Sole*.

Digitized by Google

distanza di circa 23400 volte il raggio terrestre.

Già il valore della parallasse solare, rappresentato da un angolo così esiguo, tale da dover essere espresso in secondi d'arco e in centesimi di secondo, palesa essere le dimensioni della Terra una unità di misura troppo piccola, per poco si volesse uscire dai limiti del sistema solare. A rendere possibile il sostituirne un'altra nelle misure delle distanze stellari, apparve opportuno agli astronomi il fatto della rivoluzione terrestre, pel quale il nostro globo in sei mesi percorre una metà della sua orbita e si può trovare alle due estremità del diametro di questa. Avendo a base, invece che la incalcolabile misura di poco più che 6378 chilom., cioè quella del raggio terrestre, una unità 23400 volte maggiore, l'angolo visuale della stella può diventare apprezzabile. Tale angolo, sotto il quale da una stella si vedrebbe il raggio dell'orbita terrestre ovvero la media distanza fra i centri della terra e del sole, dicesi *parallasse annua o parallasse stellare.* (1).

Esso puro, nelle prime determinazioni tentate da Galileo, apparve insufficiente allo scopo, tantoche il grande astronomo argomentava essere le stelle a distanze affatto incommensurabili. Per dedurre la parallasse annua egli partiva da queste considerazioni. Ritenuto che la Terra oggi si trovi ad una estremità dell'asse della sua orbita, una data stella ad essa apparirà occupare un determinato punto nel cielo; ma sei mesi dopo, allorchè la Terra si sarà portata all'altra estremità del diametro della sua orbita, il sito in cui la stella apparirà proiettata sarà alquanto diverso, sicchè sembrerà che la stella abbia cambiato posto nel cielo. Se tutte le stelle presentassero la medesima distanza dalla Terra, tale spostamento non sarebbe apprezzabile; ma ritenendo, com'è, verisimile che alcune stelle sieno più vicine ed altre più lontane, queste ultime resteranno più stabili e potranno servire di punto di riferimento degli spostamenti che deriverebbero alle stelle più vicine dalle diverse posizioni che la terra occupa lungo la sua orbita.

(1) Oltre le fonti citate, cnfr *Ann. scient. ed ind.*, Anno XVIII, 1881, pag. 56.

Sia, per es., A B (Fig. 35) il diametro dell'orbita terrestre, ed S una data stella. Allorchè la Terra si trova in A, la stella apparirà alta sul piano dell'eclittica dell'angolo D A S; invece, allorchè, sei mesi dopo, la Terra si troverà in B, la stella apparirà alta sullo stesso piano dell'angolo D B S. Dalla differenza di questi due angoli si dovrebbe arguire l'angolo in S, quindi la parallasse della stella. Ma siccome tali angoli sono rappresentati da valori estremamente piccoli, e perciò, essendo la loro

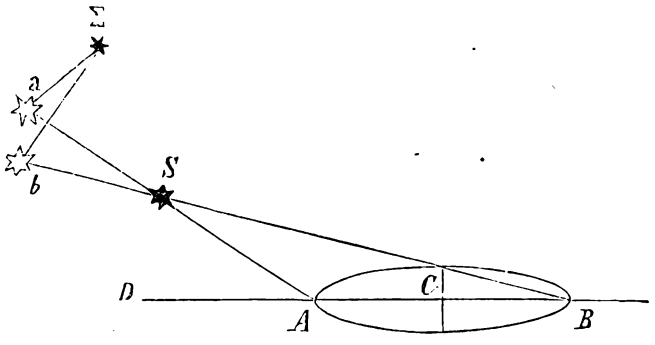


Fig. 35. — Determinazione delle distanze stellari.

determinazione impossibile, si deve ricorrere ad un altro, spediente. Allorchè la terra è in A, la stella si projetta in un determinato punto del cielo a; ma quando la Terra è in B, il posto del cielo dove la stella appare projettarsi non sarà in a, ma in un altro punto b. Se si potesse avere una specie di caposaldo celeste a cui riferire le due posizioni diverse che la stella assume nel cielo a sei mesi di distanza, il quesito della parallasse sarebbe sciolto. Ora tale caposaldo è fornito con sufficiente stabilità da una qualsiasi delle stelle piccole, Σ, la quale appunto, apparendo piccola, si trova verisimilmente ad una distanza assai maggiore che non la stella S, e risente quindi tanto poco dello spostamento terrestre, da potersi ritenere con grande approssimazione immobile rispetto alla stella medesima. Dunque, per avere la parallasse di questa, sarà sufficiente misurare le distanze Σa e Σb, alle quali essa sembrava trovarsi rispetto ad Σ in due stagioni opposte.

L'insuccesso di Galileo non scoraggiò gli astronomi; la ricerca proseguì: anzi, la sua storia apparisce fra le più curiose che la scienza registri, dacchè, invece di approdare alla parallasse annua, condusse due volte a scoperte inattese, cioè: a quella dell'aberrazione della luce, a merito del Flamsteed, del Roemer, del Picard e del Bradley: e a quella delle doppie fisiche, dovuta a Guglielmo Herschel. Però questi scienziati si erano quasi tutti allontanati dal metodo galileiano e speravano riscontrare la parallasse soltanto col ripetere in tempi diversi una

Digitized by Google

esatta determinazione delle stelle per coordinate astronomiche.

A quel vecchio metodo invece fece ritorno il Bessel: e, col perfettissimo eliometro di cui disponeva, nell'agosto del 1837 diede principio allo studio della 61ª stella del Cigno, una delle doppie fornita di più forte movimento proprio. Paragonatala con due stelle più deboli e quindi presuntivamente assai più lontane, dovette riconoscerle uno spostamento annuo, e nell'ottobre del 1838 poteva annunciare al mondo che la parallasse annua era trovata. Essa però gli si presentò sotto il valore di 0″314 (nelle osservazioni successive, corretto da lui stesso in 0″348), il che assegnava a quella stella una distanza di oltre 650,000 semiassi dell'orbita terrestre, tale che la luce non doveva impiegare meno di 3756 giorni, ossia 10 anni e $^1/_3$ (1), a percorrerla.

Tale scoperta venne confermata dalle ricerche quasi contemporanee di G. Struve sopra Vega (α della Lira): il quale astro, confrontato con una prossima stella di 10ª gr., palesò una parallasse di $^1/_4$ di secondo, più tardi ridotta a 0″20. E ciò apparve curioso, dacchè essendo Vega forse 100 volte più splendida della 61ª del Cigno, non sembrava consentaneo a tale rapporto dover riconoscere in essa una distanza doppia di quella che spettava alla stella meno brillante e più piccola.

I minimi valori delle parallassi che venivano a corrispondere ad enormi valori numerici di distanze, resero anche opportuno l'uso di nuovi termini di misura per esprimerli. Di tal genere fu quello desunto dalla velocità della luce (1) e dal tempo ch'essa impiega a percorrere lo spazio, ritenendo lo attraversi con una velocità di 300 mila chilom. al secondo, tale cioè che dal sole a noi le permetta d'impiegare $493^s{}_3$ ($8.^m\ 13^s{}_3$). Siccome poi la parallasse di un intiero secondo in arco corrisponde ad una distanza di 206265 semiassi dell'orbita terrestre, cioè a circa 5 miliardi di raggi terrestri, si assunse questo valore come unità di misura rappresentante una *distanza stellare,* distanza che la luce percorre in 1189 giorni, cioè in 3 anni e $^1/_4$. La 61ma del Cigno, quindi, s'intende posta a circa 2 distanze e $^1/_2$, Vega a 5 distanze stellari, nè finora si trovò stella a noi più vicina di tale distanza unitaria.

La stessa α del Centauro, la quale all'Herdenson e al Maclear — che la osservarono dal Capo di Buona Speranza — era apparsa con una parallasse assai prossima al minuto secondo (0″92, e più tardi 0″98 sec. il Peters), di recente all'Elkin sembrò fornita di una parallasse di poco superiore al $^1/_2$ secondo (0″51). Siffatto genere di osservazioni hanno poi un tal carattere di squisita delicatezza, ch'è impossibile non siano altamente perturbate nei loro risultati, non fosse altro pel fatto, ch'esse si devono eseguire a distanze di tempo e in stagioni diverse. Ne deriva una tal quale incertezza dei valori, che qui sotto esponiamo, e specialmente per quelle parallassi che non superano un quarto di secondo:

Stella	Grandezza della stella	Parallasse	Distanza in semiassi dell'orbita terrestre	Distanza in anni di viaggio della luce	Autorità
α del Centauro	1	0″.80	265,000	4.1	Maclear Elkin, 1880
		0.50	412,000	6.5	Elkin
61 del Cigno	5.5	0.51	404,000	6.4	O. Struve, 1853
Lalande 21185	7	0.50	412,000	6.5	Vinnecke, 1858
Groombridge 34	8	0.31	672,000	10.6	Auwers, 1867
Lalande 21258	8.5	0.27	761,000	12.0	» 1863
Argel.-Oeltzen 11677	9 5	0.27	761,000	12.0	Geelmuyden, 1879
» » 17415	9	0.25	835,000	13.0	Krüger, 1863
o del Dragone	5	0.25	838,000	13.2	Brünnow, 1873
Vega	1	0.20	1010,000	16.3	» 1870
Sirio	1	0.19	1069,000	17.0	Gylden, 1864
p di Ofiuco	4.5	0.16	1272,000	20.1	Krüger 1863
Groombridge 1830	6.5	0.12	1748,000	27.7	Wichman, O. Struve, Peters, Brünnow, Auwers.

(1) Più tardi, la parallasse della stessa stella fu determinata varie volte da parecchi (Peters, Pogson, Johnson. Woldstedt, Auwers e Ball). Secondo O. Struve, essa sarebbe di 0″51, cioè corrispondente a 404,000 semiassi dell' orbita terrestre, che la luce percorrerebbe in 6 anni e $^1/_2$.

(1) Altre velocità non servirebbero all'uopo: sarebbero termini di confronto troppo piccoli. Ad. es., per attraversare lo spazio di una distanza stellare che la luce travalica in circa 3 anni e $^1/_4$, un treno diretto, lanciato colla velocità di 60 chilom. all'ora, non impiegherebbe meno di

Digitized by Google

Osservando la precedente tabella che contiene un elenco di quelle fra le parallassi che sembrano meno malsicure, e che noi prendemmo dalle opere del Newcomb e dell'Houzeau (1), deve colpire il fatto, che delle 12 stelle per le quali si può ai nostri giorni asserire di conoscere con una certa approssimazione la parallasse, tre sole — α del Centauro, Vega e Sirio — sono di prima grandezza, il che fa riscontro alle piccolissime parallassi trovate per Arturo, per la Capra e per la Polare, tutte inferiori a 0″1. Ciò è opportuno avvertimento a quanti si sono affrettati a giudicare più vicine a noi le stelle delle prime grandezze, quasi che il loro più vivo splendore derivasse soltanto dalla maggiore vicinanza. Tuttavia, se questo giudizio venisse dato per ricche serie di stelle, forse sarebbe sostenibile, tanto più che noi vedemmo come tra i varî ordini di grandezza esista un certo rapporto fotometrico, tale da corrispondere realmente ad un allontanamento di una data quantità, qualora si trattasse di far discendere ogni classe stellare alla classe immediatamente successiva.

Quest' ultima considerazione diede origine ad una regola probabile per determinare in via approssimativa la distanza relativa delle varie classi di stelle. Ecco i risultati che si avrebbero, secondo il Newcomb, limitatamente alle stelle delle prime otto grandezze:

Grandezza	Distanza	Grandezza	Distanza
1.ª	1.00	5.ª	5.59
2.	1.54	6.	8.61
3.	2.36	7.	13.32
4.	3.64	8.	20.35

Tali distanze però avrebbero un valore soltanto relativo. Il Gylden (2) tentò ricavarne un assoluto fissando come medio valore della parallasse terrestre per le stelle di 1.ª grandezza 0″09, cioè una distanza di 2,300,000 semiassi dell'orbita terrestre. Ecco i risultati che n'ebbe:

Grandezza	Parallasse	Distanza in milioni di semiassi dell'orbita	Anni di viaggio della luce
1.ª	0″090	2.3	36
2.	0. 058	3.5	56
3.	0. 038	5.4	83

55 milioni di anni. Su tali argomenti cnfr. un articolo popolare del FLAMMARION (*La distance des Etoiles et la vitesse de la lumière*) nel period. *L'astronomie*. Anno 1, p. 140 e seg.

(1) A pag. 886 del *Vademecum* di quest'ultimo, si nota un elenco di circa 31 stelle, di cui si dà la parallase. Cnfr. anche *Ann. scient. ed ind.*, Anno XV.', 1880, pag. 38. e più ancora Anno XIV, 1877, pag. 55.

(2) Citato dal NEWCOMB, pag. 233.

Grandezza	Parallasse	Distanza in milioni di semiassi dell' orbita.	Anni di viaggio della luce
4.ª	0.025	8.3	132
5.	0.016	12.8	202
6.	0.010	19.7	311
7.	0.007	30.3	478
8.	0.004	46.6	736

Riportammo quest'ultimi dati più come una curiosità, anzichè per la convinzione possa loro attribuirsi un serio valore.

Più importanti, invece, sono i tentativi di dedurre le parallassi relative dei moti proprî stellari. Questi, in massima generale, dovrebbero apparirci maggiori quanto più le stelle che ne son dominate ci sono vicine. È un fatto analogo a quello che succede quando delle schiere assai lunghe di soldati ci sfilano davanti: i più vicini sembrano muoversi rapidamente, i più lontani appajono quasi immobili. Ora, ammettendo pure possibili delle eccezioni a tale regola, basterà che noi, invece di considerare una o due o poche stelle aventi moto proprio, ne introduciamo nel calcolo un numero considerevole, per essere sicuri che le deviazioni si compenseranno l'una coll' altra, e che arguendo dall'ampiezza di quei moti la relativa distanza delle stelle, non si potrà errare di molto. Un'analogia con questo lavoro d'induzione e di probabilità presenta anche il tentativo di ottenere tali distanze relative mediante lo studio delle stelle doppie e applicando le leggi di Keplero a quelle fra esse di cui ci son note le componenti, la massa complessiva e l'asse del movimento. Se i risultati di tali tentativi non s'accordano pienamente con quelli dedotti dall'esame fotometrico, non se ne scostano nemmeno di quantità molto rilevanti. Eccoli, come li prendiamo dal Secchi:

Grandezza	Distanze dedotte dai moti propri delle stelle semplici	doppie
1.ª	1.0	1.0
2.	1.3	1.4
3.	2.1	2.0
4.	3.6	3.2
5.	6.1	5.9
6.	8.5	8.2
7.	12.0	11.6
8.	17.9	17.8

Il solo fatto di dover ricorrere a questi spedienti per conoscere la distanza relativa delle stelle, ci mostra quanto enorme debba ritenersi la loro reale lontananza se, fra miliardi di soli, soltanto pochissimi permisero ai nostri più vantati mezzi di esplorazione del cielo di cogliere una non accerta-

Digitized by Google

tissima parallasse. Le distanze delle stelle più vicine si contano a lustri ed a secoli, anche prendendo per unità di misura la fulminea velocità di cammino della luce. Analogamente, da una stella di 16ma grandezza che ora diventasse luminosa, dovrebbero scorrere al meno 34 mila anni prima che la luce arrivasse a noi.

Ma, date anche quelle meno enormi distanze delle stelle spettanti alle prime classi, è impossibile ogni apprezzamento sulla loro *grandezza reale*. Punti luminosi appaiono all'occhio nudo, e punti luminosi esse appaiono nei nostri più potenti telescopî, qualora si tenga conto degli errori ottici, ai quali specialmente la diffrazione dà luogo; punti dei quali non ci è dato finora nè sicuramente conoscere, nè subire altri effetti, tranne i luminosi, poichè gli stessi effetti dinamici si sperdono a tali enormi distanze. Nessuna delle comete, il cui periodo ci è noto, potrebbe sentire un'influenza apprezzabile da un corpo posto a una distanza che senza dubbio supera di 200,000 volte l'asse della nostra orbita, se quella stessa di Halley, la più ardita delle comete a periodo accertato, nei suoi 76 anni di giro si scosta per una lunghezza soltanto 36 volte maggiore di tale asse. Perchè una cometa arrivasse al limite minimo di una distanza stellare, sarebbe necessario attribuirle una rivoluzione non minore di 100,000 anni.

Come a suprema, arditissima meta, è concesso alla scienza degli astri mirare, non solo a conoscere quali sieno le leggi che dominano in generale i moti celesti, e per virtù di quali armonie i soli, i mondi quasi infiniti, si reggono nell'universo; ma eziandio l'ordine, la norma secondo i quali quei soli sono distribuiti nello spazio incommensurabile.

Tale ricostruzione ideale dell'edificio dell'universo oltrepassa la meta della scienza della Terra, ma non di quanto possa sembrare a primo aspetto.

Uno dei fini della nostra scienza si è insegnare qual sia il posto spettante al nostro piccolo globo frammezzo alla danza dei mondi: nè tal fine è raggiungibile qualora le sia pel tutto negato conoscere la struttura del cosmo. Ecco la ragione per la quale agli argomenti toccati, che ci svelarono l'aspetto, il numero, i moti, perfino la natura intima delle stelle, stimammo poter aggiungerne uno temerario quant'altri mai.

E lo aggiungemmo peritosi, imperocchè, prima di ogni altra cosa, sia qui doverosa la domanda, se il problema della struttura dell'universo possa esser avanzato oggi con probabilità di ottenere una soluzione.

Se si badasse solo all'antichità, esso dovrebbe essere ben maturo per le menti umane. Forse tutte le antiche filosofie, le antiche religioni lo affrontarono e tentarono di scioglierlo, nè alcuna (comprendendo anche i tentativi dei primi secoli cristiani) vi riuscì con fortuna, qualora se ne eccettuino poche splendide divinazioni del genio ellenico (1). E primo effetto delle scoperte e del nuovo indirizzo scientifico, che susseguirono all'epoca copernicana e galileiana, fu l'abbandono di tale problema, la cui discussione, davanti alla seria e lenta disamina dei fatti, parve audacia superiore alla possa delle menti umane, sicchè non venne risollevato prima del Kant e dell'Herschel, due fra le pochissime intelligenze più atte a tentarne la soluzione.

Ed oggi stesso non possiamo dirlo risolto, e nulla del pari ci avverte d'essere prossimi a tale meta. Tuttavia, se l'intero edificio dei cieli non ci appare davanti ricostruito parte a parte, pietra per pietra, alcune linee generali cominciano ad abbozzarsi, le prove di un ordinamento e un primo embrionale disegno del medesimo non si può dire manchino affatto.

Nel cielo evvi un oggetto che presenta una indiscutibile importanza allorchè si studia la struttura dell'universo: la Via Lattea. È impossibile osservare quella bianca zona siderea senz'annettere alla sua figura quasi anulare una speciale ragione di essere, collegata colla forma del tutto. Questa è l'idea che balenò nella mente del Kant, e forse, prima di lui, in quella del Keplero; questa l'idea che i moderni pienamente confermarono. Epperò pel Kant e pei suoi contemporanei era naturale concepire un ordinamento dell'universo analogo alla semplice struttura che si attribuiva al sistema solare allorquando erano ignoti i mondi di Urano e di Nettuno e, quel che più importa, la zona degli asteroidi; quando imperfetta era la conoscenza delle orbite cometarie e dei legami ch'esse possono avere cogli sciami delle stelle cadenti. La forma discoidale pareva fosse quella pre-

(1) V. in proposito G. SCHIAPARELLI. *I Precursori di Copernico nell'antichità*, in *Memorie del R.° Istit. Lomb.* di *Sc.* ecc., vol. XII. III della serie III, pag. 382-432, Milano. 1873, e la sua trad. ted. Leipzig, 1876: e G. MARINELLI, *La Geografia e i Padri della Chiesa*, in *Boll. della Soc. geogr. italiana*, maggio-giugno 1882, Roma, Civelli, 1882.

Digitized by Google

sentata dal nostro sistema grazie alle varie inclinazioni delle orbite planetarie: la stessa forma, secondo il Kant, doveva esser quella dell' universo palesata dall' anello della Via Lattea, nel cui mezzo trovasi l' orbe nostro (1). E l'analogia col sistema solare, e quindi la necessità di ammettere delle serie di sistemi concatenati l'un l'altro e rannodati a corpi centrali — ragioni e impulsori dei moti — veniva accettata e sviluppata ampiamente dal Lambert (2).

Coll' Herschel tali ricerche mutarono indirizzo: da speculative, si fecero sperimentali, e presero le mosse, non da incerte analogie col sistema solare, ma dalla reale disposizione dei più cospicui oggetti celesti e dalla discussione se e fin dove l' aspetto del cielo potesse corrispondere colla sua effettiva struttura (3).

Già una prima occhiata allo spazio azzurro che ne circonda permette di affermare come le maggiori e più lucide stelle, ben lungi dall' essere distribuite uniformemente nel cielo, segnano una specie di fascia, che s' incrocia sotto un piccolissimo angolo colla Via Lattea colla quale a lungo si confonde, mentre il suo polo meridionale si trova nella costellazione del Pesce Australe (e precisamente in Fomalhaut) e il polo boreale in quella dell'Orsa Maggiore passa quindi per le Jadi, pel Toro, per Orione, pel Cane Maggiore, tocca la Croce del Sud, il Centauro, lo Scorpione, Ofiuco, la Lira, Cassiopea e Perseo. Essa è generalmente la zona delle stelle lucide, dacchè comprende il maggior numero di quelle superiori alla quarta grandezza. Le altre maggiori stelle accennano a raccogliersi in una fascia quasi normale a quella prima, e che avendo il suo polo delle lucide spettanti al Leone, al Cane Minore, ai Gemelli, alla Gru ed al Pavone.

Ed è interessante l'osservazione, che il punto d'incrocio delle due fasce circolari di stelle lucide avvenga presso quel punto della costellazione di Ercole verso il quali tende il moto di traslazione del sole col suo cortéo planetario.

(1) KANT I. — *Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mecanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt.* Königsberg, 1755.

(2) LAMBERT, I, H. *Lettres cosmologisques sur l'organisation de l'univers, trad. par J. M. C. d'Utenhove.* Amsterdam, 1801. L'edizione originale tedesca dell'opera è di Augsburg, 1761. Tanto delle vedute di Kant come di quelle del Lambert è data una succinta idea nel NEWCOMB, *Popul. astron.*, pag. 538 e seg. — Cnfr. ancora HUMB., *Cosmos*, 3°, pag. 228.

(3) HÈRSCHEL W., *On the construction of the Heavens.* London. 1875.

Ma l'uniformità di distribuzione non si verifica neanche per le stelle minori. V'è una regione del cielo in cui esse sono spessissime ed allontanandosi dalla quale, vanno diradando in modo notevole: ed è quella appunto che, pel loro accumularsi, ha assunto l'aspetto di una zona biancastra a luce diffusa, e quindi ebbe il nome di Via Lattea.

Ormai, dopo la costruzione dei maggiori telescopi, dopo le spettroscopiche ricerche che le esclusero il carattere di nebulosa, almeno per le maggiori sue parti, la Via Lattea evidentemente si risolse in una zona di ammassi stellari di densità non uniforme, ma pur sempre maggiore che quella di qualsiasi altra regione del cielo, anche in quelle sue plaghe nelle quali l' occhio sembra sprofondarsi in un vuoto azzurro senza fondo e senza stelle, come nei Sacchi di Carbone o nella biforcazione che si osserva presso la costellazione dell'Aquila.

Già gli scandagli stellari eseguiti dai due Herschel, e compulsati dallo Struve, mostrarono vere, tanto nel boreale quanto nell'emisfero australe, queste due regole generali: le stelle essere tanto più copiose quanto più ci avviciniamo alla Via Lattea, e la loro densità attingere il suo minimo ai poli della medesima. Ecco, per esempio, una tabella illustrativa del fatto:

Zone distanti dal piano della Via Lattea	Numero di stelle visibili in media nel campo del telescopio Herscheliano	
	Emisf. boreale	Emisf. australe:
I. 90° — 75°	4	6
II. 75 — 60	5	7
III. 60 — 45	8	9
IV. 45 — 30	14	13
V. 30 — 15	24	26
VI. 15 — 0	53	59

I numeri delle due ultime colonne, veramente, rappresentano delle medie, aventi soltanto un valore largamente approssimativo. In una stessa zona del cielo vi hanno dei punti, nei quali il campo del cannocchiale abbraccia due o tre stelle, ed altri in cui se ne enumera qualche centinaio.

Dall'ultima zona medesima, la VI, passando nella zona lattea, la densità diventa addirittura doppia (di circa 122 stelle, in media), cioè tale da presentare un vero salto dalle parti del cielo più prossime. Tale densità di stelle nella Galassia viene ad essere adunque trenta volte maggiore, in media, che non quella dei suoi poli, la cui povertà di stelle non è equiparata, come dicemmo, nemmeno dai suoi *fori* o dagli spazi apparentemente deserti ed

Digitized by Google

oscuri che qua e là ne interrompono il bianco splendore.

Queste deduzioni dell'Herschel nella massima generale non vennero invalidate dai lavori successivamente compiuti dallo Struve, dall'Argelander, dal De Vico, dal Bond, e più di recente dal Secchi, dal Gould, dal Proctor e dal Celoria. Questi scienziati, al più, aggiunsero nuovi fatti e nuove considerazioni a quelle già a lui dovute. Di tal genere sarebbe la ricerca della densità stellare anche nel senso dell'ascensione retta, poichè, essendo questo elemento offerto con precisione sovente grandissima dai cataloghi stellari, si poteva

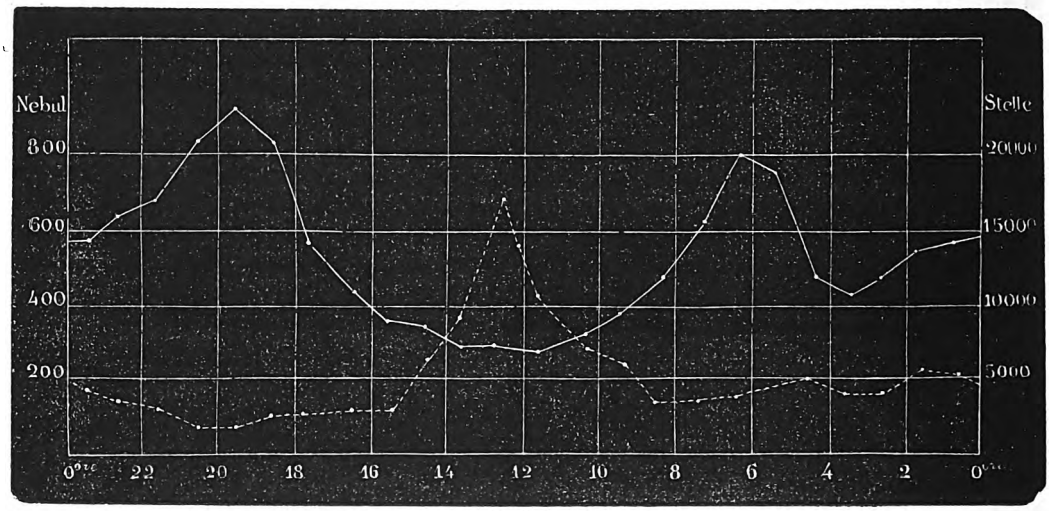


Fig. 36. Densità delle stelle e delle nebulose nel cielo giusta l'ascensione retta (sec. il Newcomb).

utilmente introdurre nella questione tutto il ricco materiale che questi presentano. Importantissimo per simile ricerca apparve, fra altri, quello fornito dalla celebre *Durchmusterung* colle sue 324188 stelle, spinte fin quasi alla 10.ª grandezza ma, come si sa, limitate solo a 2.° di declinazione australe.

Dall'averla opportunamente compulsata si ebbe ancora il risultato di una densità sempre crescente avvicinandosi alla Via Lattea tanto

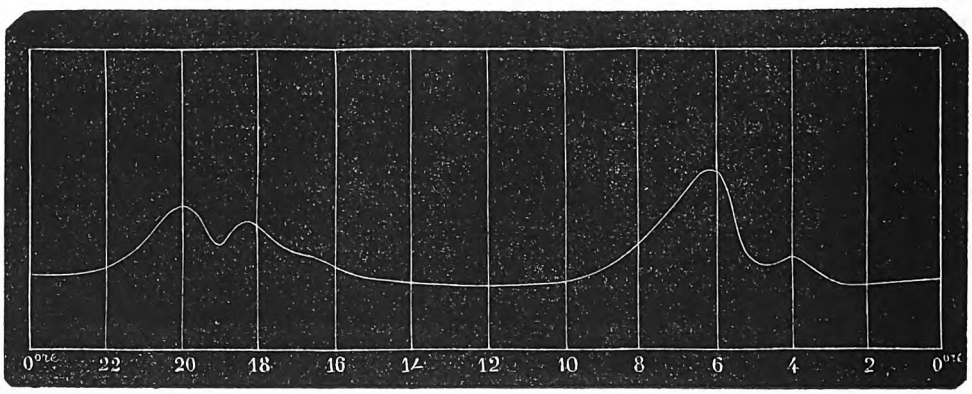


Fig 37. — Curva rappresentante la densità delle stelle fra 0° e 6° di declinazione boreale e giusta l'ascensione (sec. il Celoria).

nel seno della declinazione, quanto in quello dell'ascensione retta. Poichè, qualora si badi alla forma e distribuzione della Galassia, è facile comprendere come vi siano due regioni del cielo in cui essa più si stende in ispazio rappresentabile mediante l'ascensione retta, cioè quelle che corrispondono alle ore da 5 a 6 e da 18 a 20 (1). Ora, sono precisamente queste due regioni quelle che, anche nel caso presente, offrono una densità massima a confronto delle altre, mentre la densità minima corri-

(1) Vedi nell' Atlante le due Tav. 1 e 2 del Cielo Stellato.

Digitized by Google

sponde alle ore da 11 a 13, entro le quali giace il polo della Via Lattea. Le deduzioni ricavate dalla *Durchmusterung* trovano, del resto, piena conferma nelle recenti investigazioni del nostro Celoria, come dimostra il disegno precedente (1) (Fig. 37).

Già da Giovanni Herschel in poi era parso utile tener conto delle grandezze stellari in queste ricerche, e fin da allora si erano mostrate più rilevanti le differenze delle densità sideree per le stelle più piccole che non per le maggiori. Il seguente quadretto, tolto dal Secchi, palesa con abbastanza chiarezza la verità del fatto:

Distanze dal polo australe della Galassia	Sopra l'8.ª grandezza	Numero di stelle per cento campi. dall'8.ª alla 9.ª	dalla 9.ª alla 10.ª	dalla 10.ª all'11.ª	11.ª e 12.ª	Sotto la 12,ª
da 0° a 15°	5	—	7	47	72	474
» 15 » 30°	5	6	22	38	56	535
» 30 » 45	5	7	17	39	76	764
» 45 » 60	3	6	18	42	109	1171
» 60 » 75	3	7	23	57	161	2378
» 75 » 90	6	11	38	88	248	5515
» 90 » 105	4	9	28	70	215	4802
» 105 » 120	6	8	21	46	121	2145
» 120 » 135	3	1	21	51	130	1240
» 135 » 150	—	5	5	24	81	656

Senonchè analoghi lavori, compiuti sulle zone del Bessel e sul catalogo dell'Argelander, mostrano meno spiccata questa più rapida diminuzione nella densità delle stelle piccole, a confronto delle grandi, tra le zone lattee e le altre parti del cielo. Il giudizio tuttavia può essere influenzato sì dal fatto che dov'è fittezza di stelle, molte delle più piccole sfuggono all'osservatore, il quale invece le coglie tutte nei campi più poveri — il che non si verificava col metodo di ricerca seguito dall'Herschel, — sì da quello, che la potenza degli strumenti herscheliani era tale da abbracciare le stelle piccolissime omesse nelle ricerche posteriori.

Senza voler insistere in un ordine di discussioni che non è di nostra spettanza, il risultato della disanima delle apparenti densità sideree è dunque questo: che le stelle sono più frequenti presso il piano della Via Lattea che non nelle altre regioni del cielo; che la loro densità generalmente non uniforme va crescendo come ci accostiamo ad essa, e che probabilmente questo aumento è più forte se consideriamo le stelle più piccole rispetto alle maggiori.

Quanto si dice delle stelle non può del tutto applicarsi alle nebulose. Esse si raccolgono di preferenza. per l'emisfero boreale, nella Vergine, nella Chioma di Berenice e nei Pesci, dalle quali costellazioni si prolungano nell'australe. Perciò, in linea generale, si può dire, e già lo accennammo (a pagina 29), le nebulose presentare la loro maggiore fittezza presso i poli della Galassia, dov'è minima quella delle stelle. Dapprincipio, dall'Herschel stesso si era pensato alla esistenza di una *Via Lattea di nebulose* che s'incrociasse appunto colla vera Galassia (1), ma poi il carattere disperso di tali oggetti celesti ne fece smettere il concetto. Invece, le nebulose mostrano preferire differenti parti del cielo a seconda della loro natura: e cioè le *ellittiche* si notano più dense intorno ai poli, le *irregolari* intorno all'orlo della via Lattea, la quale in alcuni punti presenta, a sua volta, carattere di nebulosa.

Così osservata la distribuzione apparente delle stelle nello spazio, si presenta immediato il più importante problema che l'astronomia possa affrontare: se, cioè, tale distribuzione sia soltanto apparente, ovvero se da essa si possano ricavare deduzioni sulla struttura reale dei cieli. Un giudizio *a priori* basato sull'analogia con quanto vedemmo valere riguardo le stelle doppie ottiche, che risultarono quasi sempre doppie fisiche, dovrebbe ammettere come effettivo il fatto apparente.

Giova però, anche a questo riguardo, distinguere. Vi hanno, anzitutto, dei casi particolari

(1) Celoria (prof. G.), *Sopra alcuni scandagli del cielo eseguiti all'Osservatorio reale di Milano e sulla distribuzione generale delle stelle nello spazio*, in *Public. del reale Osserv. di Brera in Milano*, N. XIII, pag. 41. Milano Hoepli 1878. Di questa importante memoria le conclusioni sono sommariam. esposte dall'autore stess in *Annuario scientif. ed ind.* Anno XIV, 1877. Si badi che gli scandagli celesti praticati dal Celoria comprendono soltanto una stretta zona del cielo che sta fra l'equatore e 6° di declin boreale.

(1) Humb., *Cosmos*, I. pag. 141; III, 273.

Digitized by Google

nei quali l'apparenza svela la realtà, come quello degli ammassi giudicati globulari, anche per evitare il paradosso di doverli ritenere coacervazioni stellari di forma cilindrica, aventi l'asse rivolto nel senso stesso delle visuali.

Per la generalità, tuttavia, prevaleva dapprincipio l'ipotesi dell' Huyghens: che, cioè, le stelle fossero egualmente distribuite nello spazio, e che quindi la maggiore loro fittezza apparente provenisse dalla maggiore profondità dello strato stellare nel punto da esse occupato, sicchè, quasi sulla stessa visuale, venissero a collocarsi delle stelle poste, stiamo per dire, una dietro l'altra. Ne derivava la conclusione di un succedersi pressochè infinito di stelle nel piano della Via Lattea; d'onde la forma di un grande ammasso schiacciato in senso perpendicolare al suo piano, ad essa attribuita nei primi tempi da Guglielmo Herschel, il quale non trovava di meglio, per ispiegarne la figura biforcata nella costellazione del Cigno, che attribuirle la forma di una ⋈.

Tale ammasso non doveva avere spessore più piccolo di 155 distanze stellari (1) sopra un diametro di 850 di tali distanze, che la luce avrebbe percorso in un tempo non minore di 14,000 anni.

Ulteriori studi fecero recedere l'Herschel da tale ipotesi, che tuttavia da parecchi continua ad essergli attribuita, e lo indussero a cercare la soluzione del problema basandosi sui rapporti degli splendori colle densità stellari; per il che, allontanandosi dalla sua prima idea di una distribuzione uniforme delle stelle nello spazio, venne ad accettare l'altra, più tardi confermata dagli studi sopratutto di G. Struve: cioè, che le stelle, non soltanto apparentemente ma in realtà, sono più spesse lungo il piano della Galassia.

Ne trasse quindi favore, con tutta la congettura del Kant sulla struttura dell'universo, ma per lo meno la idea che la Via Lattea presentasse la forma di un anello contenente nella parte interna il sistema solare. E tale congettura non è ancora abbandonata: chè anzi, le recenti ricerche del Gould e del Proctor mirano a confermarla nei tratti generali. Tuttavia, mentre ai primi osservatori la Galassia sembrava un anello più o meno scontinuo, adesso viene giudicata, o una specie di spirale avvolgentesi a serpe, o, meglio forse, una serie di anelli più o meno eccentrici ed incrociantisi.

(1) Cnfr. addietro a pag. 38.

Di tali anelli, due si possono designare agevolmente: e cioè, uno sarebbe dato dalla zona lattea che per l'Unicorno, per l'Auriga, per la Giraffa, per la Volpe vediamo attraversare il nostro cielo fino alla Saetta ed all'Aquila; l'altro comincerebbe da Orione e traverso

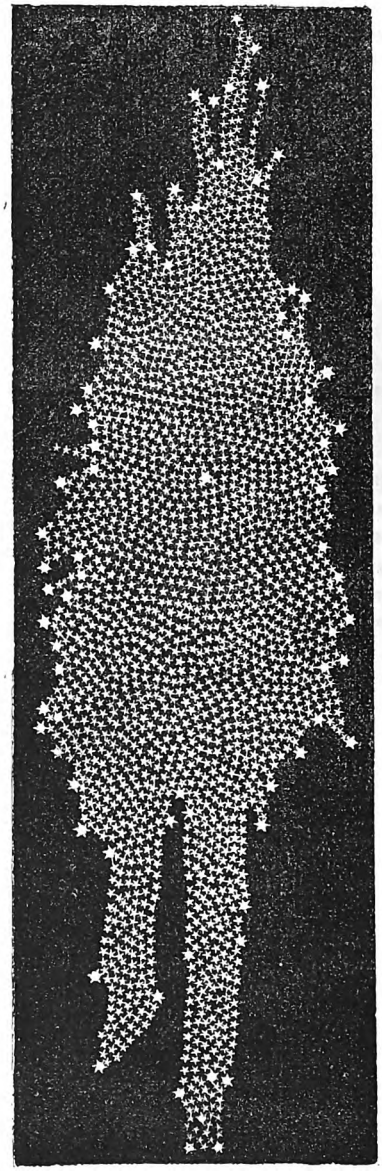


Fig. 38. — La Via Lattea sec. Gugl. Herschel.

le Jadi, le Plejadi, Perseo e il Cigno mirerebbe ad Ofiuco, ove cessa di essere per noi visibile. Sotto un angolo di forse 19,° l'incrocio dei due anelli cadrebbe in Cassiopea, mentr' essi nell' emisfero australe proseguireb-

Digitized by Google

bero, presentando notevole analogia con quanto si avverte nel boreale, ed abbracciandosi di nuovo nella costellazione della Croce,

Un'altra zona, quello che dicemmo formata dalle stelle più splendide e verisimilmente eziandio a noi più vicine, corre, a quanto sembra, nell'interno dei due anelli lattei, in modo tale da formare col piano medio di quelli ancora un altro angolo di circa una ventina di gradi.

Ma nell'interno delle due zone lattee si agita pure il nostro sistema solare, forse an-

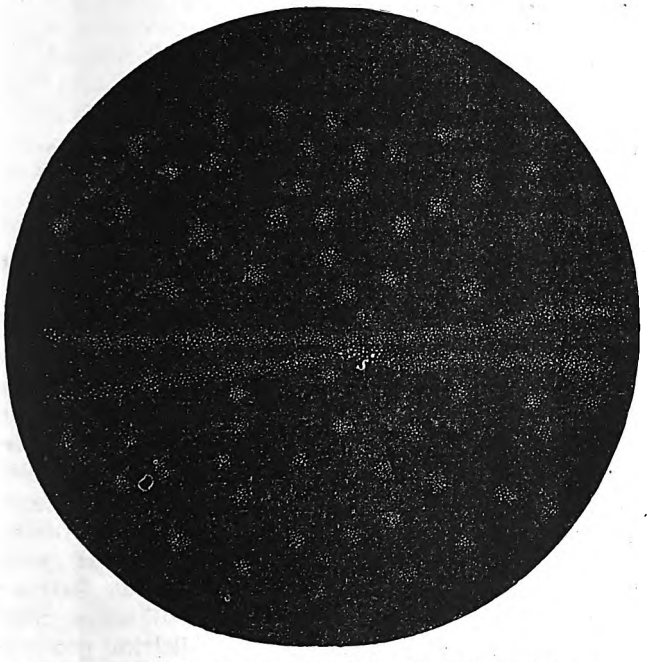


Fig. 39. — Verisimile ordinamento delle stelle e delle nebulose sec. il Newcomb e il Gould.

ch'esso spettante ad un cumulo, del quale le splendide stelle ora menzionate sarebbero le componenti. Più certo sembra che nell'anello latteo noi occupiamo una posizione eccentrica e, per giunta, alquanto spostata rispetto al suo piano; del che ci è indizio il non apparirci esso come un circolo massimo della volta celeste.

Nè il valore della eccentricità, nè quella dello spostamento dal piano della Galassia è ora possibile conoscere, come non è possibile conoscere quello della estensione della stessa Via Lattea, vietandocelo le incerte nostre cognizioni intorno alle distanze stellari.

Forse lo potremmo presumere arguendolo dai *fori* o dai *sacchi di carbone*, che ragionevolmente non si possono ritenere tubi vuoti rivolti coll'asse verso di noi, ma piuttosto quali indizi che in essi i nostri telescopi penetrano oltre l'ammasso latteo, e quindi che questo debba avere uno spessore, nel senso delle visuali, non molto maggiore di quello che possiede perpendicolarmente alle stesse. E del pari un minimo di estensione può essere fissato alla Via Lattea qualora si rifletta che le distanze assegnate, secondo gli elementi della fotometria e dei moti propri, ai vari ordini stellari, son tali che gli ultimi oggetti ai quali arrivava la potenza degli strumenti herscheliani dovevano essere lontani da noi almeno 312 distanze stellari, cioè uno spazio corrispondente a 10 mila anni di luce.

E senza risposta dovrebbe rimanere il quesito, se le nebulose che si trovano disperse, come vedemmo, in plaghe del cielo quasi contrapposte alle lattee, debbano alla lor volta considerarsi quali sistemi lattei posti a distanze straordinariamente grandi, da apparirci come ammassi indecomponibili. Ora tutto ci fa presumere che gli scandagli herscheliani abbiano toccato presso i poli della Galassia i limiti dell'ammasso stellare a cui appartiene il nostro sole: e la maggior fittezza delle nebulose in quelle regioni rende probabile la cosa, tanto più che le recenti ricerche spettroscopiche ci mostrano in esse talora palese un certo carattere stellare.

Ma in tale ordine di ricerche è facile esagerare. Dove manca la guida sicura dei numeri e dei fatti accertati, dove bisogna affidarsi solo alle ipotesi, è facile veder rovinato in breve l'edificio penosamente costruito.

D'altra parte, urge raccoglierci ad esaminar quello fra tutti i soli che ci sta più vicino, e col quale la Terra, su cui posiamo i piedi e che è principale oggetto del nostro studio, è strettamente collegata da vincoli molteplici — termici, luminosi, dinamici e magnetici.

Col mondo stellare invece, almeno in apparenza, un solo legame ci unisce: quello del raggio luminoso.

Eppure, fidata a quel tenue filo, non parve soverchio ardimento alla scienza enumerare e distinguere l'infinita copia di quei mondi lontani, studiarne le grandezze ed i moti,

Digitized by Google

aggrupparli in sistemi, tentar di conoscerne la natura fisica e chimica, istituire da ultimo una teoria assai probabile di ordinamento cosmico.

E a noi, che, pur fisa la mente al nostro globo, premeva conoscere qual posto occupi nell'universo il sistema di cui fa parte, a noi fu giuocoforza seguir la scienza con passo affrettato nel maraviglioso viaggio compiuto attraverso i cieli, prima di raccoglierci a studiare alquanto più diffusamente il sole — da cui questo medesimo sistema prende il nome il moto, la luce, il calore e la vita, — a considerare il quale intanto passiamo.

CAPITOLO II.

IL SOLE (1).

> . . . . . Sol hic noster nil aliud est quam una ex fixis, nobis major et clarior visa, quia propior quam fixæ.
>
> KEPLERO. *Epitome Astron. Copern.*, 1618. Lib. 1, pars 2. p. 34-39; e in *Opera Omnia*. ed. Dottor Ch. Frisch, Francof. et Erlangae, 1866, vol. VI, p. 137.

Parlando incidentalmente del sole, abbiamo avuto occasione di classificarlo come una stella gialla del secondo tipo, con grande probabilità formante parte di un cumulo costituito dalle più splendide stelle del cielo e con esso immersa nel mezzo dell'ampio ammasso di anelli della Via Lattea, nonchè dotata di moto proprio e per virtù di questo lanciata con formidabile velocità contro la costellazione di Ercole. Questo affermammo sulla fede delle scoperte astronomiche, lasciando arguire altre particolarità; — ma realmente nulla di tuttociò si presenta all'occhio del comune osservatore.

Il forte splendore del sole permette a ben pochi di guardarlo di pieno giorno senza munire l'occhio di schermi, ed anche a que' pochi l'astro luminoso offre, tutto al più, l'aspetto di una palla o, meglio forse, di un disco bianco avente circa mezzo grado di diametro apparente, tale cioè che si richiederebbero settecento dischi di quelle stesse dimensioni posti uno accanto all'altro senza interruzione per occupare un circolo massimo del cielo.

La sua superficie, uniforme a chi la guarda ad occhio nudo, emette una tale dovizia di splendore che tutte le luci artificiali ne rimangono offuscate, e solo l'elettrica può reggerne con notevole differenza il confronto. Ma ciò non è sufficiente a palesarne a primo aspetto nè dimensioni, nè distanza, nè natura; — sicchè la mente umana — il volgo

(1) Oltre le fonti citate alla prima pagina, si confrontino le seguenti:

SECCHI (P. A.). *Le Soleil*, deux. edit. revue et augmentèe. Paris, Gauthiers-Villars, Première Partie. 1875; Seconde partie 1877; — YOUNG (C A., Ph. D., LL D.), professore di astronomia nel collegio di New Jersey. *Il Sole*. Milano fratelli Dumolard, 1882; — PROCTOR. R. A., *The Sun, ruler, light, fire, and life of the planetary system*, 3.ª ediz. London, 1876; — NORMAN LOCKYER J., *Contribution to solar Physic*. London, Macmillan and co., 1874; — WINNECKE (dott A.), *Ueber die Sonne*, in *Zeitschrift für populare Mittheilungen* ecc. Altona, 1861; — GUILLEMIN AMÈDÈE. *Le soleil*. Paris, Hachette, 3.ª ediz. 1873; — TACCHINI. (professore Pietro), *Il Sole*, N. 20 della *Scienza del popolo*. Firenze, 1867; — Da SCHIO (ALMER.), *Il Sole secondo la Scienza nel* 1878. Vicenza, Burato, 1879; RESPIGHI (L.), *Sulla costituzione fisica del Sole* in *Atti dell' Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei*, Vol. XXIV, 1871, p. 236; — FAYE (H.), *Sur la costitution physique du Soleil* in *Annuaire du Bureau des Long.*, Anno 1873, pag. 443; Anno 1874 pag. 407; — FAYE (H.), *Sur la Meteorologie cosmisque*. stesso *Ann. du Bureau*, Anno 1878, pag. 607; — JANNSEN (1.) *Notice sur les progrès rècents de la physique solaire*, stesso *Ann. du Bureau*, Anno 1879, pag. 622; — FLAMMARION (C.), *Le Soleil et ses phenomènes*, nel period. *L'astronomie Revue d' astronomie populaire*, Ann. I.° 1882, pag. 4; — FAYE (H.), *Une nouvelle thèorie du Soleil* nel periodico, *L'astronomie* cit pag. 333, e *Comptes rendus de l'Accad.*, — C W. SIEMENS, *On the Conservation of Solar Energie*; London, 1883; *Nouvelle Thèorie du Soleil* in *Ann. de Chimie et de Phys.*, 1882, T. XXVI. p. 405; HIRN (G. A.), *La conservation de l'ènergie solaire*, nel period. *L'Astronomie* ecc. Ann. 2.° 1883. p. 17.

SPOERER (G.), et FAYE (H.), *Curieuse oscillation dans la distribution des taches solaires* in *Compt. Rendues de l'Accad.* e in *Astronomie* del FLAMMARION. Ann. 1°, 1882. pag. 70; HAHN dott. F. G., *Ueber die Beziehungen dur Sonnenflecken Periode zu meteorologischen Erscheinungen*, Leipzig, Engelmann, 1877; — ROSSETTI FRANC., *Di alcuni recenti progressi nelle Scienze fisiche e in particolare di alcune indagini intorno alla tem. del Sole*. Padova, Randi. 1878.

Memorie degli spettroscopisti italiani, race. e publ. per cura di P. TACCHINI, Palermo e Roma 1872-1883 (Art. speciali, di Tacchini, Secchi, Riccò, ecc.).

Digitized by Google

come il dotto — per secoli andò vagellando in certa nel giudicare del sole: e le di lei sentenze, quando non furono ispirate dalla paura o dalla superstizione, parve lo fossero almeno dalla fantasia. Adorato quindi dalle varie genti sotto il nome di Febo, o di Bacco, o di Ercole o di Mitra, o di Melcart, i filosofi credettero di essere nel giusto quando, o, come Anassagora, lo credettero una massa rocciosa infuocata, o, come Anassimene, un disco, o come Eraclide ed Ecateo un battello, o come Anassimandro una ruota piena di fiamme uscenti da un orifizio, o come Filolao un globo di vetro, o come Epicuro una pomice o una spugna infiammata (1).

E del pari strane erano le deduzioni delle prime genti sulla sua grandezza, sia che con Anassimandro gli attribuissero le dimensioni della nostra Terra, o con Anassagora quelle del Peloponneso, o con Eudossio da Guido lo stimassero nove volte maggiore della luna, o sia finalmente che, accettando le idee di Epicuro, ne reputassero poco diversa dalla apparente la reale grandezza, ovvero, con Eraclito, gli assegnassero un piede di diametro. Nè meno bizzarre apparivano le ipotesi istituite per esplicare la sua natura e il suo scomparire durante la notte, come può provarlo, per tutte, quella, dovuta a Senofane, che attribuiva al sole la natura stessa delle meteore e che credeva venisse formato dalle esalazioni terrestri, mentre molti altri lo imaginavano come scioglientesi alla sera e ricomponentesi di nuovo il mattino, ed altri ancora credevano si tuffasse, tramontando, nei mari dell'estremo ponente, dove chi avesse avuto a recarsi

« Audiet Herculeo stridentem gurgite solem »

GIOVENALE, Sat. 14.

Ma come fin da remotissima età erano apparsi alcuni precursori dell'odierno sapere, i quali, forse solo arguendo dalla potenza di calore e di luce onde il sole sovraneggia, ne aveano congetturata la grandezza, e fra essi primissimi Archimede ed Ipparco, ed altri, da Platone a Seleuco, ne aveano divinata la funzione e il posto principale nel sistema planetario, — così da secoli e secoli anche il problema della sua distanza da noi, se non soluto, era stato posto in modo maravigliosо.

Contrapponendosi quasi colla esattezza delle sue vedute alle armonie numeriche concepite dalla scuola pitagorica, — per le quali la distanza dalla Terra alla luna si poteva ragguagliare a un *tono*, quella dalla luna al sole a $^5/_2$ di tono, e finalmente quella dal sole alle stelle a tre toni, sicchè tali distanze potevano riuscire di 125 mila, 315 mila e 378 mila stadi (1). — Aristarco da Samo circa 270 anni avanti Cristo, osservando la massima elongazione della luna *dicotoma* (2) attribuiva pel primo alla distanza solare un valore che, ridotto in misura odierna, corrisponderebbe a circa 7 milioni di chilometri (3). Il suo ragionamento era semplice. La luna *dicotoma*, o nel primo quarto, occupa una tale posizione che se in quell'istante i centri della Terra, della luna e del sole si congiungessero a mezzo di tre rette, si verrebbe ad avere un triangolo rettangolo, di cui l'angolo retto sarebbe quello in *L* (Fig. 40)

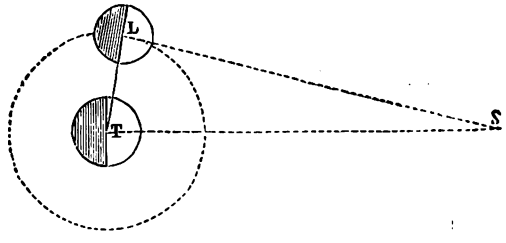


Fig. 40. — Misura della distanza del sole mediante la luna dicotoma.

Degli altri due angoli, quello sulla Terra in *T* sarebbe quasi eguale, ma pur di qualche piccola quantità rimarrebbe inferiore ad un angolo retto. Una volta, per altro, che la grandezza di esso angolo ci sia nota, diverrà facile arguire il terzo angolo del triangolo rettangolo, quello sul sole in *S*, e di conseguenza risolvere il triangolo intero. Avendo poi Ari-

(1) Su questi soggetti, oltre le opere di storia dell'astronomia citate a pag. 1, cnfr: PESCHEL (O.) *Geschichte der Erdkunde bis auf Alex. v. Humboldt und Karl Ritter, zweite vermess. Aufl. herausg. von Prof. Dott. S. Ruge*, München, Oldenbourg, 1877, pag 35 e seg.; — LEOPARDI (GIACOMO), *Saggio sopra gli errori popolari degli antichi*, 2.ª ediz., Firenze, Le Monnier, 1848, pag 115 e seg.; — SCHIAPARELLI (G. V.), *I Precursori di Copernico nell'antichità* in *Memorie del R. Istit. lomb. di sc. e lett.*; vol. XII. III. della serie III p. 382-432, Milano 1872, e traduz. ted. con qualche aggiunta, *Die Vorläufer des Copernicus im Alterthum, trad. von Maxim. Curtze*, Leipzig, Quandt und Händel, 1876; — LOCKYER, *Solar Physic* cit., pag 2 e seg.

(1) Chilometri 22,300; 58,300 e 69,900.

(2) I Greci davano alla luna l'appellativo di *dicotoma*, cioè *tagliata in due parti*, quando essa si trovava al suo primo quarto e quindi si presentava nella forma esatta di mezzo disco. *Elongazione* è la massima distanza angolare di un pianeta dal sole verso est o verso ovest.

(3) Cioè ad una parallasse del sole di circa 18^5".

Abbiamo veduto come per parallasse s'intenda l'*angolo sotto il quale dal sole si vedrebbe il raggio terrestre* (Vedi pag. 36). Rammentiamo come quanto più grande si giudichi quest'angolo, altrettanto più vicino deve parere l'oggetto.

Digitized by Google

starco valutato l'angolo in T pari a 87° (e per essere nel giusto avrebbe dovuto stimarlo di 89° 50′ circa), e quindi quello sul sole pari a 3°, ne argui che la distanza del sole non fosse 19 volte maggiore (e avrebbe dovuto dire quasi 390 volte) di quella della luna (1). Ne derivò quindi quel vapore che noi riducemmo in via approssimativa a 7 milioni di chilometri, e che rappresenta una distanza circa 21 volte minore di quella che adesso è accettata dai dotti. Però la sola presentazione e la soluzione, sia pure inesatta, del problema, se mostra imperfetti i metodi secondo i quali si misuravano gli angoli 21 secoli prima di noi, palesa ancora l'ingegno dell'antico matematico di Samo (2).

A lui pure dobbiamo riconoscere il merito di altre ricerche. Così, data la distanza accennata e stimando che il diametro apparente del sole fosse tale da sottendere un angolo visuale di 900″, ne argui un diametro reale circa 7 volte maggiore di quello della Terra e perciò circa 15 volte minore del vero.

Distanze e dimensioni, le quali, corrette di poco da Ipparco e da Posidonio, vennero da molti astronomi, con lievi modificazioni, accettate negli ultimi secoli dell'antichità, nonchè attraverso i tempi di mezzo e il principiare dei moderni fino alla metà del sec. XVII, eccezione fatta forse per la determinazione compiuta dal Keplero nel 1620, che assegnava alla parallasse del sole un valore alquanto più ragionevole (60″); e per quella degli astronomi Indù che la esageravano notevolmente portandola fino a 240″. Per comprendere il valore di tali differenze, basta riflettere che l'odierna parallasse media, di 8″81, corrisponde press'a poco ad una distanza di 149.3 milioni di chilometri, e che quelle del Keplero e degli Indù corrispondono ad angoli quasi 7 volte e 27 volte maggiori del vero, cioè a distanze di altrettanto minori, e quindi pari a 21.6 e a 5.5 milioni di chilometri. Frammezzo a tali cifre, ma pur più vicina a quest'ultima, è quella stessa di Galileo, che riteneva la distanza del sole da noi eguale a 7 $^1/_2$ o ad 8 milioni di chilometri (1).

La prima approssimativa valutazione della parallasse solare si deve al Wendelin e corrisponde a 14″, cioè ad una distanza di circa 90 milioni di chilometri, e la seconda all'Huyghens, che, deducendola da ingegnose argomentazioni sulla verisimile grandezza della Terra, stimò il sole distante da questa 25,086 diametri terrestri, coè circa 160 milioni di chilometri, appena $^1/_{14}$ più del vero.

Fino a quell'epoca tale distanza si determinava con metodi imperfetti, spesso basati sopra semplici deduzioni, o sopra osservazioni incerte, come quella della lunghezza dell'ombra terrestre durante l'eclissi, e compiute a mezzo di strumenti oltremodo difettosi e rudimentali.

D'altronde il problema della distanza solare non è di quelli che si possano risolvere esattamente con misure dirette. Ed è facile persuadersene. Il nostro pianeta possiede un diametro lungo soltanto 12,755 chilometri. Ora, se noi immaginiamo che due osservatori sieno, posti, non dirò all'estremità del diametro terrestre — il che è difficilissimo possa succedere — ma per lo meno a grandissima distanza fra loro — come per es., a Berlino e al Capo di Buona speranza —; supposto che entrambi dirigano le loro visuali al centro del sole, certamente queste saranno fra loro convergenti, e quindi gli angoli da esse formati colla corda terrestre che congiunge i due punti saranno alquanto minori di 90°; ma l'apprezzamento esatto del valore di tali angoli è così difficile, che ad onta della più squisita diligenza, la parallasse solare riescirebbe incerta per quantità pari ad 1″5 e 2″, cioè a non meno di 30 a 35 milioni di chilometri. Tale problema sarebbe paragonabile a quello che avrebbe a risolvere un geometra, al quale si chiedesse la misura esatta della distanza di un oggetto lontano circa 12 chilometri, concedendogli una base della lunghezza soltanto di un metro.

Fortunatamente tale metodo diretto, che si può adoperare con buoni risultati unicamente per ricavare la parallasse della luna — satellite distante da noi soltanto 30 diametri terrestri — non è indispensabile per determinare la parallasse solare, anzi la ricerca di quest'ultima si presenta come uno di quei problemi,

(1) Rammentiamo che un angolo visuale di 1 grado suppone una distanza del vertice dal lato opposto eguale a circa 57 volte la lunghezza di questo lato, quindi un angolo di 2 gradi una distanza di $\frac{57}{2}$, cioè di 28,5 volte un angolo di 3 gradi una distanza di $\frac{57}{3}$, cioè di 19 volte la lunghezza dal lato opposto. Vedi in proposito quanto si disse a pag. 36.

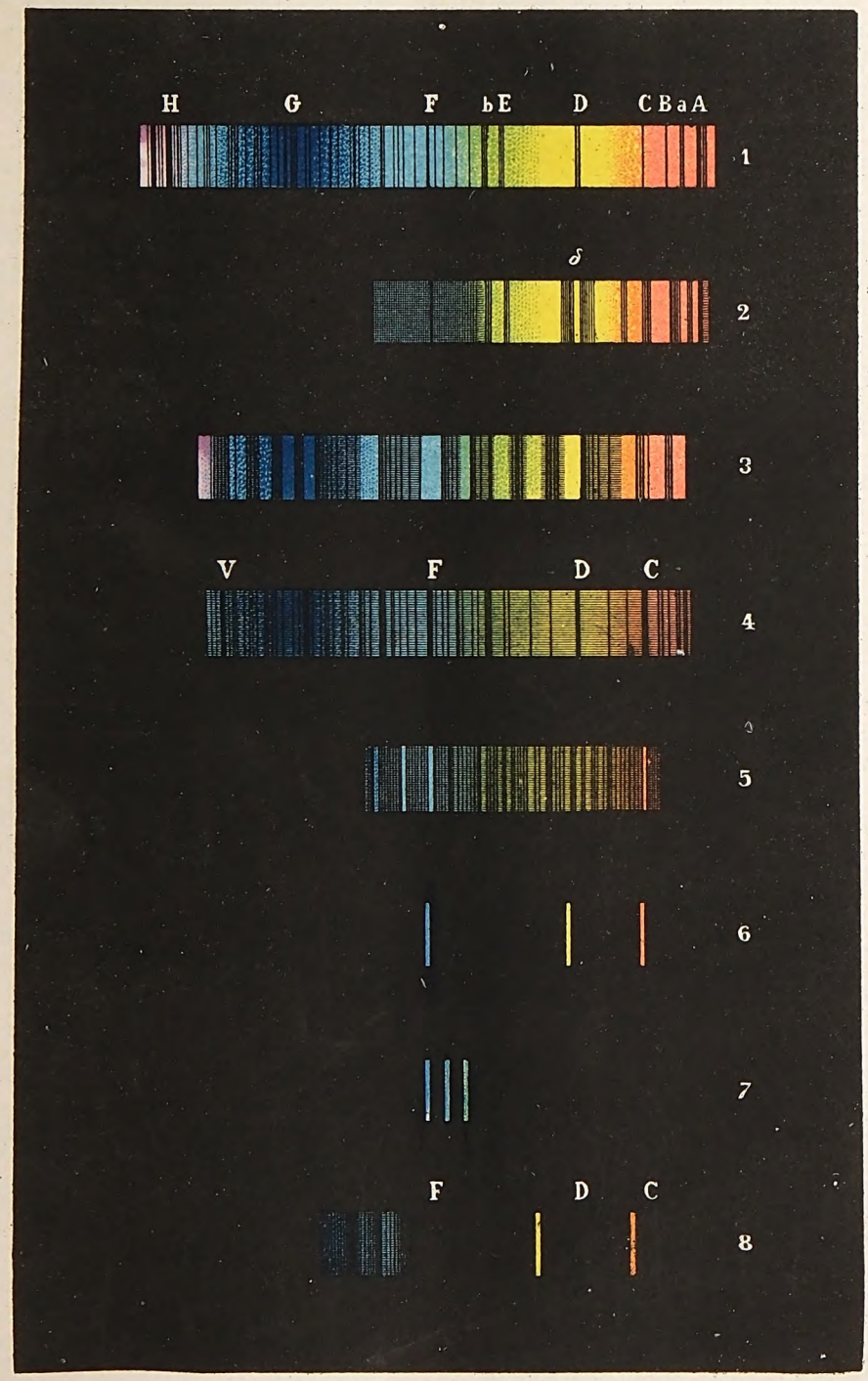
(2) V però DELAMBRE, *Histoire de l'astron. ancienne*, t. I, pag. 76 e 79, il quale si dimostra veramente troppo severo con Aristarco.

(1) *Dialogo sopra i due sistemi massimi* in GALILEO, *Opere*, 1842, I, p. 391.

Digitized by Google

Tav. III

SPETTRI LUMINOSI.



1. Spettro solare colle principali righe di Fraunhofer.
2. Spettro di assorbimento dell'atmosfera terrestre.
3. Spettro di una stella del 1° tipo. (δ di Orione)
4. Spettro di una stella del 3° tipo (Sirio)
5. Spettro di una stella variabile e fase doppia (T della Corona)
6. Principali righe delle protuberanze solari.
7. Spettro della nebulosa del Dragone.
8. Spettro della luce zodicale.

Milano, Studio Lit.° Porati — Casa editrice Dottor Francesco Vallardi — G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

alla soluzione dei quali concorrono, dandosi fraternamente la mano, scienze diversissime. Diffatti i metodi per tale determinazione si potrebbero riassumere in tre categorie, cioè: quelli di carattere essenzialmente geometrico; quelli basati sulle leggi della meccanica celeste; quelli, da ultimo, dovuti alla manifestazione di certi fenomeni fisici.

Alla prima categoria spetterebbero i metodi che si fondano sulle determinazioni della posizione di varî pianeti e specialmente di Marte, di Venere o di alcuno dei pianetini, in dati momenti e rispetto al sole; alla seconda, quelli basati sulle ineguaglianze e sulle perturbazioni che la massa del sole esercita sui movimenti della luna, delle comete e dei pianeti; alla terza finalmente apparterebbe quello che si svolge in base alla ricerca della velocità della luce (1).

Non ispetta al geografo l'esame e la discussione di tali metodi, — che sono argomento proprio dell'astronomo, — ed è quindi già molto se ci permettiamo aggiungere qualche cenno intorno ad essi, oltre esporre gli ultimi risultati delle loro varie applicazioni.

La difficoltà maggiore che s'incontra nella misura diretta della parallasse solare sta appunto nella piccolezza del suo angolo, ovvero nella grandezza della distanza del sole da noi. Tale difficolta può essere evitata determinando la distanza relativa di uno dei pianeti a noi più prossimi — Marte, Venere o Mercurio — e poscia indirettamente anche quella del sole. Ora, conoscendosi con grandissima precisione le distanze relative di tali pianeti, basta ricavare una sola delle distanze assolute fra pianeta e pianeta o fra pianeta e Terra perchè si conosca quella dell'intero sistema e quindi anche quella del sole. I momenti più opportuni per la determinazione di tali distanze sono quelli nei quali i pianeti si trovano il più possibile vicini alla Terra, e cioè: per i pianeti *superiori* (2), quelli delle *opposizioni* (3), e per i pianeti *inferiori* (4) gl'istanti delle *congiunzioni inferiori* (1), e meglio ancora quelli dei *passaggi* sul sole (2).

Quindi specialmente le opposizioni di Marte, che accadono abbastanza frequenti, furono utilizzate per determinare la parallasse soare da oltre 200 anni, cioè da quando il Cassini nel 1656 da solo a Bologna (3) e poscia nel 1672 in unione al Roemer ed al Picard in Francia, nonchè simultaneamente il Richer alla Cajenna la osservarono a tale iscopo deducendone una distanza solare pressapoco pari a 137 milioni di chilometri. In seguito, e con istrumenti sempre migliori, le ultime opposizioni di Marte furono ancora più attentamente osservate da varî; per es., quelle del 1849-50 dal Gillis al Chilì, e la importantissima del 1877, all' Ascensione, dal Gill, alla Giamaica, dall'Hall, a Melbourne a Leida ed altrove da altri (4).

Nel determinare la parallasse del sole mediante le opposizioni di Marte si va incontro a difficoltà ed a cause d'errore parecchie, a motivo della grandezza stessa del pianeta, del differente splendore delle sue parti, e di altre consimili circostanze. Quindi si pensò, invece, servirsi dei pianetini od asteroidi, dei quali taluno, nelle opposizioni, si avvicina alla Terra alquanto più degli otto decimi della distanza che la separa dal sole. E dal Galle medesimo dal quale fin dal luglio del 1872 era stata avanzata tale proposta (5), venne utilizzata pel fine indicato le opposizione di Flora del 1873, — come quelle di Giunone, avvenute nel 1874 e nel 1877 furono esse pure tema di osservazioni compiute all'isola Maurizio e alla Giamaica.

Veramente, il pianeta alle cui osservazioni più si collega il problema della parallasse solare, è Venere. Non solo fra i pianeti è quello che più si avvicina alla Terra, ma per giunta avviene talvolta che, durante la

(1) La storia della parallasse solare è trattata in modo assai chiaro ed elementare dal DELAUNAY nella *Notice sur la distance du soleil à la Terre*, pubbl. dapprima in *Ann. du Bureau des Long.* pel 1866 e poscia nel volume XLI delle *Mémoires de l'Acad. des Sciences*, che contiene *Les Mèmoires, rapports et documents relatifs à l'Observation du passage de Venus* (1874) *sur le Soleil*. Paris, Firmin Didot, 1874.

(2) Quelli, le orbite dei quali racchiudono la terrestre.

(3) L'istante in cui la Terra si trova fra il pianeta ed il sole, o più esattamente il momento in cui la longitudine del pianeta o quella del sole differiscono di 180°.

(4) Quelli le orbite dei quali sono abbracciate da quella della Terra.

(1) L'epoca in cui il pianeta presentando la stessa longitudine del sole, si trova fra questo e la Terra.

(2) I quali avvengono ogni qual volta le congiunzioni inferiori accadono quasi esattamente sulla stessa linea e sullo stesso piano, condotti fra i centri della Terra e del sole. In questi casi il pianeta projetta il suo disco sul sole in modo da dar sembianza di *passarvi* sopra.

(3) SECCHI, *Le Soleil*, II, pag. 350; — DELAUNAY, *Notice sur la distance du Soleil à la Terre*, in *Memoires de l'Académie des Sciences*, Tome XLI, pag. 50.

(4) Il risultato complessivo delle osservazioni praticate, nella grande opposizione di Marte del 1877 su entrambi gli emisferi darebbe una parallasse di 8'.953, cioè ridurrebbe la distanza del sole a 146,7 milioni di chil., secondo i calcoli approssimativi pubblicati dall'Eastman (Cnfr. HOUZEAU, *Vademecum*, pag. 411)

(5) *Annuario scientif. ed industr.*, Anno IX, 1872, pag. 60.

Digitized by Google

congiunzione inferiore, esso passi davanti al disco del sole; passaggi che si ripetono quattro volte ogni 243 anni, o, più propriamente, che si succedono ogni 105 1/2 8, 121 1/2 ed 8 anni. Cosicchè i più prossimi passaggi di Venere avvennero od avverranno alle date che seguono:

il 2	giugno	1518	il 3	giugno	1769
» 1	»	1526	» 9	dicembre	1874
» 7	dicembre	1631	» 6	»	1882
» 4	»	1639	» 8	giugno	2004
» 6	giugno	1661	» 6	»	2012

Mercurio, nonostante un minore avvicinamento alla Terra, in realtà presenta, rispetto a Venere, il vantaggio di una maggiore frequenza di passaggi davanti al sole, dacchè se ne verifica uno in media ogni decennio (1); ma essi apparvero sempre poco giovevoli, anzi può dirsi che la sola osservazione istituita sul suo passaggio per tale fine sia stata quella dell'Halley nel 1677. La stessa vicinanza del pianeta al sole dando origine ad una parallasse differenziale minima, non permise se ne ritraessero utili risultati.

Al Gregory per primo, fin dal 1663, non isfuggì quanto il passaggio di Venere sul sole potesse contribuire alla determinazione della parallasse. Tuttavia il fenomeno non venne realmente messo a profitto prima degli studi dell'Halley (2), per cui i più antichi passaggi di Venere esaminati con vero metodo e con proficui risultati furono quelli del 1761 e del 1769, e da essi il valore della parallasse apparso dapprima oscillante fra 7″ 5 e 9″, 2, solo più tardi, nel 1824, da Encke venne corretto ad 8′, 58, e poscia nel 1835, ridotto al 8″. 57. Quest'ultima parallasse, che attribuiva al sole una distanza di 153 milioni di chilometri, ebbe un credito notevole per molti anni, sì da venire generalmente adottata nei trattati d'astronomia. Tuttavia essa non reggeva alle critiche dei dotti, nè s'accordava bene coi risultati che provenivano da metodi diversi (3). Da ciò la grande ansietà e i grandi preparativi, coi quali venne atteso il penultimo passaggio di Venere accaduto nel 1874 (4), e quelli alquanto meno entusiastici coi quali la scienza si dispose a studiare il recente passaggio del 6 dicembre 1882. E diciamo « meno entusiastici » perchè i risultati delle numerose osservazioni del 1874 non aveano corrisposto alle grandi aspettative (1). Mentre però quelle del 74 vennero generalmente disturbate le cattive condizioni atmosferiche, durante l'ultimo passaggio del 1882 lo stato del cielo fu buono nella maggior parte delle numerose stazioni non europee destinate ad osservare il fenomeno (2).

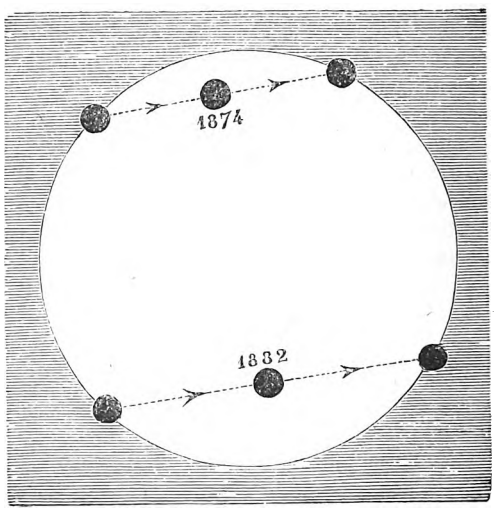


Fig. 41. — I due ultimi passaggi di Venere sul sole.

Adesso tuttavia, a soli pochi mesi di distanza, sarebbe affatto precoce voler conoscere i risultati degli studi in tale occasione istituiti.

Il principio sul quale si basa la determinazione della parallasse solare mediante i passaggi di Venere è quello che risulta dalle seguenti considerazioni. Supposto che due osservatori posti sul globo a grandi distanze uno dall'altro (o, a mo' d'esempio, uno a Roma e l'altro al Capo di Buona Speranza) osservino il cammino che il disco di Venere traccia passando sul sole, — a ciascuno dei due tale strada apparirà alquanto diversa. Pel più meridionale, Venere seguirà una retta corrispondente alla linea *a b c d* (Fig. 42); pel più settentrionale, la strada percorsa dal pianeta

(1) Cioè a periodi di 13, 7, 10, e 3 anni. I due ultimi passaggi di Mercurio sul sole avvennero a' 6 Maggio 1878 ed a' 7 Novembre del 1881. Intorno alle osservazioni praticate su quello del 1878, v *Annuario scientif. ed industr.*, Anno XV, 1878, pag. 4.

(2) Il Cassini e il Picard dalla osservazione del passaggio avvenuto nel 1681 ebbero la parallasse di 10″7.

(3) *Annuario scient. ed industr.* Anno VI, 1870, pag. 28; — Anno IX, 1872, pag. 48.

(4) Stesso *Annuario*, Anno X, 1873, p. 18 : — Anno XII, 1875 p 1. — I due ultimi passaggi seguirono due linee diverse, che approssimativamente possono essere indicate dalla fig. 14.

(1) *Annuario, sc. ed ind.*, Anno XV, 1878, p. 7; — *Anno* XVIII, 1881, pag. 48; — Young, *Il Sole*, pag. 29.

(2) *Le passage de Venus*, in *Revue Mensuelle d'Astron. populaire par* C. Flammarion, *Ann. II.* 1, Janvier 1883 pag. 24; — 2, *Fevrier* 0383. pag. 62. — *Annuario scient. ed industr.* anno XIX, 1882, pag. 42.

Quanto agli osservatori italiani vedi le notizie riepilogate dal Celoria in *Annuario scientif. ed industr.* Anno XIX. 1882, pag. 42, e quelle pubblicate dal Respighi (*Osservazioni fatte al r. Osservatorio del Campidoglio nel passaggio di Venere sul sole del* 6 *dic.* 1882), in *Atti della R. Acc. dei Lincei*, Anno CCLXXX. 1882-83; *Transunti*, p. 47.

Digitized by Google

apparirà rappresentata dalla retta *e f g h*. Ciò risulta da una ragione prospettica messa in evidenza dalla Figura stessa (Fig. 42), in cui si vede come necessariamente l'imagine di Venere, inter-

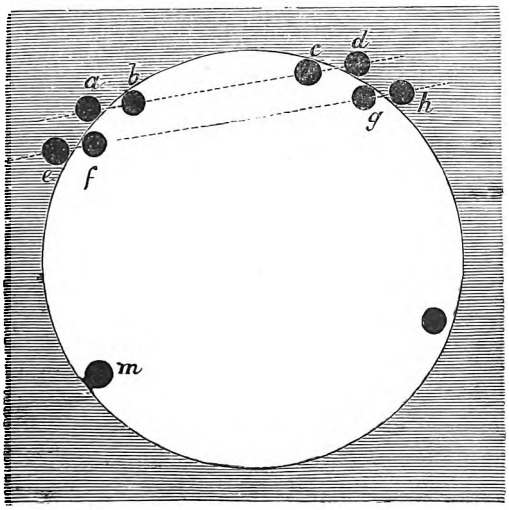


Fig. 42.

posta fra la Terra e il sole, debba projettarsi sul disco di questo in due punti diversi per due osservatori posti a distanza notevole uno dall'altro sul nostro globo. Per l'osservatore situato in *A* (Fig.43), essa si projetterà in *a*, per quello posto in *B* essa si projetterà in *b*. Ora la distanza che sul sole intercede fra i due punti *a* e *b*, nei quali apparisce

projettata Venere, è l'elemento che ci darà la distanza dal sole alla Terra. Diffatti nel triangolo *A V B*, la lunghezza di *A B*, diametro terrestre è nota. Secondo le leggi di Keplero, che noi conosceremo in seguito, esiste un rapporto determinato fra la distanza di Venere e della Terra dal sole, — dal quale rapporto abbiamo che i lati del triangolo *A B V* stanno a quelli del triangolo *a V b* come 37: 100, — e nello stesso rapporto sta anche la lunghezza *a b*, che separa i due punti sul sole. Si tratta di ricavare esattamente quella loro distanza: il che si riduce ad una semplice misura diretta di angoli. Se supponiamo quindi ch'essa corrisponda a 47″6, il diametro terrestre sarà rappresentato da $\frac{37}{100}$ ovvero (0.37) di tale valore, cioè da 17″6, numero che corrisponde all'angolo sotto il quale il diametro terrestre verrebbe veduto dal sole. Se riduciamo tale numero alla metà, ad 8″8, avremo invece l'angolo visuale, con cui dal sole si abbraccerebbe il raggio terrestre, cioè quanto noi cerchiamo: la *parallasse del sole* (1).

Questo il principio: la sua applicazione si complica con una serie di cause d'errori che ne rendono incerti i risultati e che esigono numerose minuzie tecniche ed infinite precauzioni, tali da rendere la determinazione della parallasse con questo motodo una fra le operazioni più delicate dell'astronomia pratica. Il nodo del problema si riduce realmente a conoscere con esattezza la posizione di Venere sul sole in due momenti distinti. A raggiungere tale fine pareva che più che la determinazione

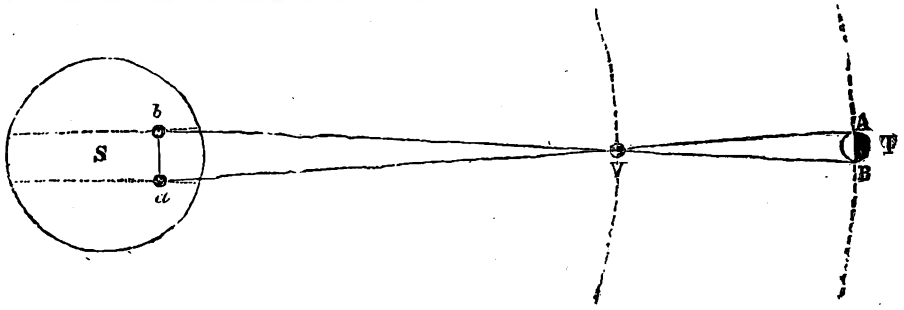


Fig. 43.

delle sue coordinate (1) in quei due momenti e quando Venere già si proietta sul disco solare dovesse giovare l'osservazione dei *contatti*, cioè la fissazione dei momenti precisi in cui si toccano le circonferenze che limitano i due dischi di Venere e del sole. Ma l'esperienza mostra difficilissima una determinazione esatta di tale istante, concorrendo a turbare la percezione del quale fenomeno e la irradiazione del sole, che ne ingrandisce il disco apparente, e l'atmosfera di Venere, e gli stessi strumenti usati nell'operazione. È nota a questo riguardo la famosa *goccia nera* o striscia oscura (Fig. 42, let. *m*) che al momento del distacco fra i dischi continua a congiungerli apparentemente. Negli ultimi anni agli altri mezzi di osservazione adoperati per esa-

(1) La sua distanza dal centro del disco solare e il suo angolo di posizione.

(1) Parlando delle stelle, dicemmo poi che la parallasse di 1″ corrisponde ad una distanza 57 volte e quella di 1″ ad una distanza 206 275 volte maggiore della distanza che si è presa per base e che forma l'elemento noto della misurazione. Dato quindi che il diametro terrestre si veda dal sole sotto l'angolo di 17″6 od il raggio sotto quello di 8″8, avremo che la distanza del sole dalla Terra sarà data appunto da $\frac{206\,235}{17''6}$ diametri terrestri o $\frac{206\,265}{8''8}$ raggi terrestri, cioè sarà eguale a 11719 diametri o a 23438 raggi terrestri, il che è la medesima cosa.

Digitized by Google

minare i passaggi di Venere si aggiunsero lo spettroscopio e specialmente le fotografie solari; ma non sembra che nemmeno queste ultime abbiano scemato in modo rilevante la difficoltà e la incertezza dell'operazione.

Ora dunque, mentre si stanno attendendo i risultati delle recenti osservazioni del 6 dicembre 1882 — i quali, stante le favorevoli circostanze atmosferiche e la diligenza dei preparativi, potrebbero forse far risorgere la pristina fiducia nell'attitudine del passaggio di Venere alla determinazione di una esatta parallasse solare, — la presunzione degli uomini di scienza sta a favore degli altri metodi — e ve n' ha di elegantissimi — coi quali tali parallasse si può ancora dedurre.

Accennammo come alcuni fra essi sieno basati sulle leggi della meccanica celeste. Fra questi vanno annoverati i due metodi detti della *ineguaglianza parallattica* e della *equazione lunare del sole*.

È noto come tutti i moti dei pianeti e dei loro satelliti sieno influenzati dalle attrazioni che ciascun corpo esercita su tutti gli altri e da tutti gli altri subisce. Fra tali influenze, sono notevoli quelle che il sole esercita sulla luna ritardando od accelerando il suo cammino attorno la terra secondo che la luna si trovi più vicina o più lontana dal sole, secondo cioè ch'essa sia nel novilunio o nel plenilunio. Senza entrare in minuzie, basti dire che siffatta perturbazione può riuscire ad alterare di circa 2 minuti in tempo la durata del cammino lunare nelle due circostanze diverse accennate. Tale alterazione nel moto lunare dicesi *ineguaglianza parallattica*, ed è evidente come il suo valore dipenda dalla distanza del sole.

Ma v'è un'altra ineguaglianza collegata col movimento della luna intorno alla Terra: la cosidetta *equazione lunare del sole*. La luna e la Terra nel compiere il loro movimento comune intorno al sole, non si muovono in modo che la luna, giri intorno al centro terrestre, ma l'azione attrattiva che esercitano reciprocamente una sull'altra dà origine alla formazione di un centro di gravità comune, il quale, per i rapporti delle loro masse rispettive, giace vicinissimo alla superficie della Terra. Perciò, allorchè noi vogliamo determinare il cammino che la Terra descrive intorno al sole non è veramente il posto del centro di figura del globo nostro quello di cui si fissa la posizione ad ogni istante e che si muove lungo l'orbita; ma bensì il posto di un centro comune di gravità attorno al quale s'aggirano senza posa la Terra e il suo satellite. Ne nasce che fra la posizione occupata dal centro della Terra e quella di tale centro comune al sistema, vi sarà costantemente una certa differenza, la quale ad un osservatore posto sul sole verrà manifeatata dal fatto, che la Terra sembrerà ora rimaner indietro ora precedere tale punto. Siccome i moti apparenti del sole per un osservatore posto sulla Terra sonoid entici ai molti apparenti della Terra per un osservatore situato sul sole, così per noi questo astro dev'essere soggetto ad un movimento proveniente dall'azione lunare e il cui valore è in un determinato rapporto colla distanza che da noi lo separa.

Perturbazioni e disuguaglianze che sono in rapporto indiscutibile colle masse, colle rivoluzioni e colle distanze dei tre corpi dai quali provengono, cioè con elementi che per la Terra e per la luna ci sono noti e che per ciò, in virtù di leggi meccaniche del pari accertatissime, debbono rivelarci la incognita della distanza solare. Nè forse in tutto il campo astronomico, per la soluzione di un problema arduo e intricato come quello della parallasse, si troverebbe un procedimento più ammirabile di questo, che si può seguire col semplice aiuto del calcolo ed evitando l'enormi difficoltà e le pene delle osservazioni dirette. A comprendere il vantaggio che ne può derivare, basti riflettere che l'esame dei passaggi esige quasi sempre viaggi in regioni lontane dai centri di studio e di cultura, quindi spese, fatiche, rischi e consumo enorme di tempo da parte d'insigni persone; e che tutto questo riesce sovente affatto sprecato solo pel sopravvenire temporaneo di una nube atmosferica che per un momento avvolga il disco del sole.

Tuttavia, esistendo alcune incertezze intorno ai dati fondamentali dai quali si deduce la soluzione del problema mediante questo metodo basato su leggi meccaniche, non si può asserire ancora avverata la previsione del Leverrier, che ne preconizzava l'assoluta prevalenza sugli altri, secondo lui, fra breve e necessariamente condannati all'ostracismo (1).

Da ultimo, un metodo fisico per conoscere la distanza del sole è quello che si fonda sul

(1) Il Leverrier, nel 1872, propose anche un altro metodo a base meccanica per determinare teoricamente la parallasse del sole. Esso si fonda sul principio, che essendo note le masse relative del sole e della Terra, la loro distanza dovrebbe trovarsi a mezzo del rapporto dello spazio che un grave cadente sul globo percorre in un secondo, collo spazio che la Terra stessa percorrerebbe cadendo contro il sole. La massa della Terra è nota mediante le perturbazioni ch'essa esercita sui pianeti Venere e Marte; sicchè il Leverrier, dalla discussione di questi elementi, venne ad una parallasse di 8''86, corretta poi in 8'83. Di recente il V. Asten a Pulkowa credette di poterne ricavare un'altra del valore di 9'01, deducendola dalle anomalie determinate sul cammino della cometa di Encke per l'attrazione della Terra. Cnfr. *Comptes rendus de l' Acad des Sciences.*, ecc. Vol. LXXV, pag. 165.

Digitized by Google

tempo che la luce impiega a venire da esso fino a noi. Questo tempo si valuta a 498 minuti secondi. Ma la velocità della luce non pare ancora determinata con sicurezza assoluta. Al vecchio valore di 315,000 chilom. al secondo trovato dal Fizeau nel 1849, gli sperimenti del Foucault (1862) sostituirono quello di 298,000, dal Cornu portato più tardi a 300,400 chil. Di recente ancora, nel 1879, il Michelson lo ridusse a 299,940 chil., valore assai prossimo a quelli dati dal Foucault e dal Cornu, e, a quel che pare, affetto da errore probabile lievissimo.

Quindi combinando tali valori con quello di 20″,445 trovato da Gugl. Struve per l'aberrazione della luce (1), si viene a risultati di approssimazione veramente grandissima.

Anzi, riassumendo, si deve dire che in linea generale le varie determinazioni delle parallassi condotte con metodi diversi, a partire dalla metà di questo secolo, diedero risultati così poco differenti uno dall'altro, da permettere l'affermazione, essere oggidì la distanza del sole conosciuta con maggiore esattezza che non moltissime delle misure di lunghezze prese sul nostro globo (2). Dalle più recenti discussioni dei varî dati, essa dunque si può ritenere corrispondere in media da una parallasse di **8″ 81**, ciò che dà al sole una distanza lineare dalla Terra pari a **149.3** milioni di chilom. (3), con un errore possibile di 0″02 in più o in meno il che significa che quel numero, giusta gli odierni apprezzamenti della scienza, potrebbe essere alterato in più o in meno di circa 360 mila chilom., cioè appena di $\frac{1}{400}$ del suo valore totale (4).

Distanza tale, a superare la quale un buon pedone che camminasse colla forte velocità media di 6 chilometri all'ora per 10 ore al giorno, dovrebbe impiegare più di 6800 anni, e una locomotiva spinta a tutto vapore cioè colla velocità di 100 chil. all'ora, viaggiando giorno e notte, ancor più 175 anni. Se la palla del nostro cannone da 100 tonnellate e del calibro di 43 centimetri continuasse a volare colla massima velocità iniziale di 560^m al secondo, con cui esce dalla

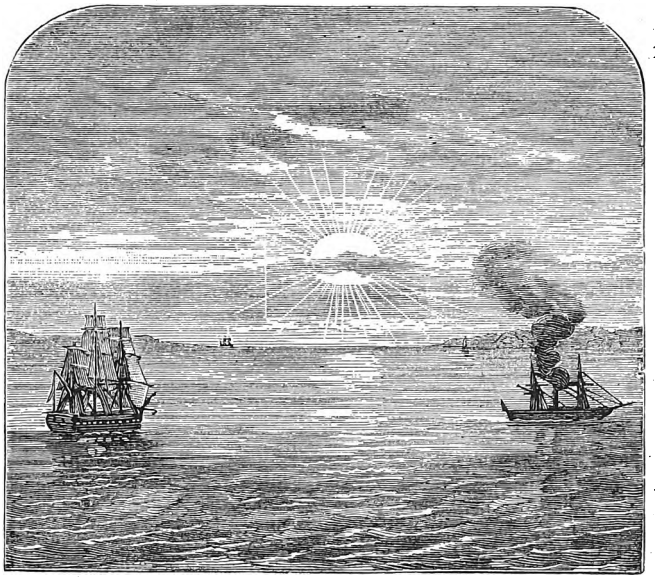


Fig. 44. — Deformazione del sole causata dalla rifrazione.

bocca (1), impiegherebbe ancora 8 anni e $\frac{1}{2}$ a raggiungere la superficie del sole, e quasi il doppio, cioè 14 anni, il suono. Finalmente, per quanto una sensazione nervosa qualsiasi ci sembri istantanea, una volta riconosciuto, coi moderni fisiologi, ch'essa non presenta velocità di trasmissione maggiore di 30^m al secondo (2), si è costretti a ritenere che se una parte qualunque di noi — per es., un braccio — potesse estendersi fino al sole e ne ricevesse una sensazione qualunque, poniamo una scottatura, — noi non ne risentiremmo il dolore prima che fosse trascorso almeno un secolo e mezzo.

(1) La spiegazione del fenomeno noto sotto il nome di « aberrazione della luce » sarà data a suo tempo: adesso esigerebbe troppo lunga digressione. Vedi pag. 187.

(2) V. il **Prospetto VIII.**

(3) Più esattamente 23412 raggi terr. cioè 149,321,736 chil.

(4) Tale valore è quello adottato dal Newcomb, i cui numeri noi seguiamo di preferenza in quest'opera. Avvertasi però che *l'Annuaire du Bureau* adotta la parallasse determinata dal Leverrier nel 1872, cioè pari a 8″86, e corrispondente a una distanza di 148,5 milioni di chil.; il Secchi quella di 8″91, corrispondente alla distanza di 148 milioni di chil. Il Young, nel suo recente lavoro sul *Sole* da noi citato, si avvicina assai al valore del Newcomb, cioè preferisce il valore di 8″80 corrispondente ad una distanza di 149,5 milioni di chilometri.

(1) È una delle più forti velocità ottenute finora negli sperimenti dei cannoni destinati alle corazzate « l'Italia » e la « Lepanto » caricandoli di un proiettile da 808 chg., spinto da 350 chg. di polvere di Fossano (*Annuario scient. ed industr.*, Anno XIX, 1882, pag. 556). Si possono però ottenere velocità maggiori, p. es., di 588 metri al secondo (Id., Anno XVIII, 1881 p. 930).

(2) Ciò secondo il Wittich: invece sec. l'Helmholtz, essa sarebbe di circa 34 m. al secondo. Cnfr. Lussana Fil., *Fisiologia Umana* P. II. *Innervazione*. Vol. III., pag. 273. Padova, Sacchetto, 1881; — Buccola Gabr. *La legge del tempo nei fenomeni del pensiero*. Milano, Dumolard (volume XXXVII della *Bibl. scientif. intern.*), 1883, pag 70

Digitized by Google

In relazione colla distanza sta la determinazione della *grandezza reale* del sole.

Esso, al volgare osservatore che lo guardi allo zenit, si presenta come un disco avente circa un piede di diametro (1). Invece, se — stando lungo la spiaggia del mare (Fig. 44) od anche sopra un luogo elevato, come sarebbe la cima di una montagna — lo si contempli all'aurora o al tramonto, cioè in prossimità dell'orizzonte, non solo apparisce più grande, ma altresì deformato. Di solito tale deformazione presenta la figura di una elisse più

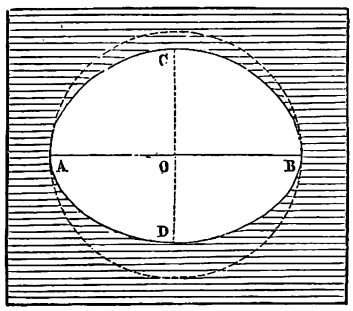


Fig. 45 — Doppia elisse del sole all'orizzonte.

schiacciata nella sua parte inferiore che nella superiore (Fig. 45); ma talvolta essa dà origine alle fogge più strane e capricciose (Fig. 46).

Le cause di tali deformazioni risiedono nelle diverse condizioni di spessore, densità e stato igrometrico delle porzioni d'atmosfera, at-

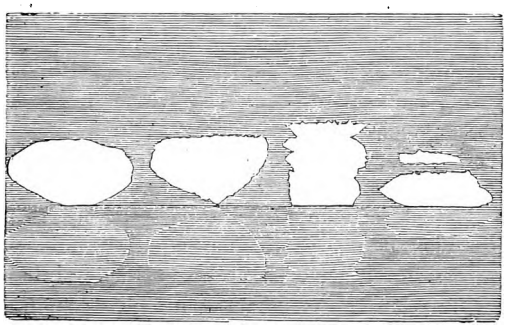


Fig. 46. — Singolari apparenze del sole all'orizzonte.

traverso le quali traguardiamo il sole secondo ch'esso è prossimo allo zenit o all'orizzonte. In quest'ultimo caso è massima poi la deformazione prodotta dalla rifrazione (2), per effetto

(1) Probabilmente questo giudizio, già formulato nell'antichità da Eraclito e ripetuto quasi ogni giorno dalla comune delle genti, è esso pure effetto di una di quelle illusioni ottiche di cui parleremo in seguito, per la quale si trasporta idealmente la imagine del sole a una quarantina di metri dal nostro occhio.

(2) È noto in cosa consiste il fenomeno della *rifrazione*. Per esso, un raggio di luce, passando attraverso due strati

della quale le imagini degli oggetti vengono rialzati di quantità sempre maggiori quanto essi sono più vicini all'orizzonte. Da ciò il fatto, già avvertito, di uno schiacciamento maggiore nel lembo più depresso del sole.

trasparenti di differente densità, resta deviato dal suo cammino e apparisce quasi rotto nel piano di separazione fra i due strati. Un bastone immerso nell'acqua permette a chiunque di osservave gli effetti della rifrazione. Si sa ancora che qualora il raggio passi da uno strato *meno* denso ad uno *più* denso, la deviazione ha luogo nel senso di avvicinare il raggio alla perpendicolare condotta sul piano che separa i due strati. Sia, per es., AB (Fig. 47) un raggio di luce che passa da un mezzo meno denso $M'M$ ad uno più denso M' M' in B. il raggio sarà rifratto e la sua porzione inferiore non presenterà la direzione BC bensì la direzione BC'. — Ora l'atmosfera terrestre si può considerare come composta di una serie di sfere o di strati concentrici, a densità sempre crescente dalle parti superiori alle inferiori. Se imaginiamo quindi che un raggio

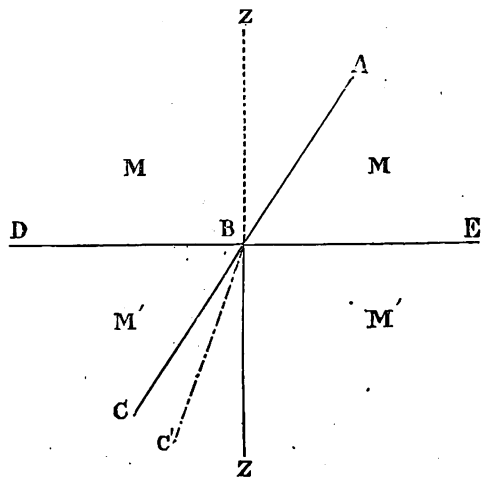


Fig. 47.

luminoso proveniente da un astro qualunque o dal sole arrivi all'atmosfera, esso subirà una naturale rifrazione.

Vediamo ora in qual senso essa debba avvenire. Le curve segnate nella Figura 48 rappresentino i varî strati aerei. Sia AB un raggio luminoso che proviene da un astro A e che entra nell'atmosfera in a. Passando nel primo strato dallo spazio presumibilmente vuoto, esso subisce una prima deviazione ed assume la direzione $a\ b$ avvicinandosi alla perpendicolare $a\ O$, condotta pel punto a alla superficie esteriore di quel primo strato: giunto in b, penetra nel secondo strato più denso del primo, subisce una seconda deviazione e si avvicina alla perpendicolare $b\ O$, condotta in b alla superficie di separazione dei due strati. Seguitando così, esso prova una serie di successive deviazioni tutte nel medesimo senso, e alla fine arriva in B dopo di avere attraversato l'ultimo strato secondo la direzione $c\ B$. Un osservatore che sia posto in B e che riceva questo raggio luminoso prova la stessa sensazione come se la luce fosse venuta nella direzione $A'\ B$, e ne risulta ch'esso vede l'astro come se fosse in A', cioè più vicino allo zenit che realmente non sia. In altre parole, l'effetto della rifrazione è quello di sollevare un astro sopra l'altezza ch'esso realmente presenta. Questo fenomeno è tale che sposta tutti gli astri di una quantità più o meno grande del posto reale, sì che tutte le osservazioni astronomiche sarebbero erronee senza apposite correzioni; e agisce in modo da farci vedere un astro, e sia pure il sole, anche dopo ch'esso è tramontato, sollevandolo di una non trascurabile quantità sopra l'orizzonte.

Digitized by Google

Oltre che sformato in varia guisa, il sole all'orizzonte ci sembra più grande, mentre dovrebbe apparire di una minima quantità più piccolo, essendo in quel momento lontano da noi un intiero raggio terrestre più di quanto non sia allorchè lo si guarda allo zenit. Probabilmente tale maggiore grandezza è frutto di una fra le illusioni ottiche non rare in astronomia (1), illusione creata da parecchie cause, e fra esse anche dal confronto cogli oggetti terrestri. Certo è che traguardando il sole con un cannocchiale a fili micrometrici all'alba o al tramonto o al mezzodì dell'istesso giorno, non vi si ravvisa differenza di sorta, o se si arriva a rilevarla, essa mostra maggiore il diametro solare quando l'astro è prossimo allo zenit che non quando si trova all'orizzonte.

A chi poi lo osservi con diligenza e mediante acconci strumenti, il sole apparirà quale un disco avente in media il diametro di circa 32′4″, cioè suppergiù tale da sottendere un angolo di poco superiore a mezzo grado. Se noi non conoscessimo la distanza che ci divide dal sole, questo angolo non ci servirebbe per conoscere le vere sue dimensioni. È desso l'angolo, e quindi la grandezza apparente medesima, presentato da un bersaglio di un metro di diametro alla distanza di 114 m.; è suppergiù l'angolo presentato in media dalla luna (31′8″), tanto più piccola del sole.

Una volta nota quella distanza, non riesce difficile arguire le dimensioni reali della sfera solare.

Vediamo poi ora il modo secondo il quale la rifrazione può alterare la figura del sole presentandola come schiacciata, specialmente lungo il lembo inferiore. L'effetto della rifrazione riesce tanto maggiore quanto maggiore è lo spessore degli strati d'aria che il raggio attraversa e le differenze della loro densità. Ora questo spesso-e è minimo allo zenit e massimo all'orizzonte, e quindi la deviazione verso la verticale sarà minima nel primo caso e

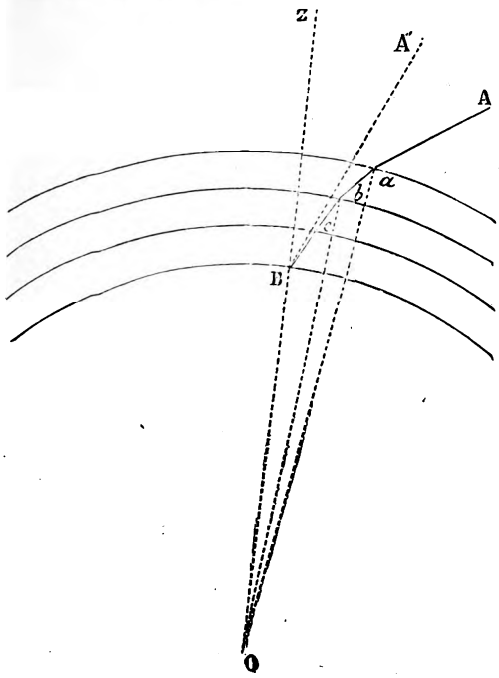


Fig. 48. — Rifrazione atmosferica.

massima nel secondo, dove essa arriva ad inalzare un astro di una quantità eguale a 33′ 48″; cioè superiore a mezzo grado, come risulta dal **Prospetto IX.** Se imaginiamo che un oggetto di dimensioni rilevanti quale il sole, si trovi all'orizzonte, le sue stesse parti saranno sollevate di quantità diverse a seconda della loro altezza sull'orizzonte stesso, e quindi di una piccola quantità di lembo superiore, di una notevole quantità di lembo inferiore del suo disco. D'onde la forma particolare di schiacciamento che rilevammo, e che è esposta dalla Fig. 45, nella quale il diametro verticale *CD* apparisce notevolmente più piccolo del diametro orizzontale *AB*.

(1) Dovendo apprezzare dimensioni varie di oggetti terrestri, noi siamo facilmente indotti in errore dal fatto della disposizione loro verticale od orizzontale o dal confronto con altri oggetti o dalla distanza o da accidenti consimili. Lo stesso avviene negli apprezzamenti dei fenomeni celesti. È un inganno di questo genere, una illusione prospettica che ci fa vedere schiacciata la vôlta celeste cioè, tale da presentare la forma della curva inferiore piuttosto che quella della curva *A Z B* (Fig. 49). Tale illusione deriva forse dal fatto, che gli astri prossimi allo zenit ci sembrano più vicini per queste due circostanze: *a*) che ci appaiono più illuminati, *b*) che fra essi e noi non s'interpone una serie

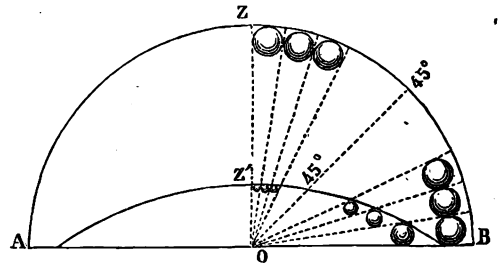


Fig. 49. — Apparente forma della vôlta celeste e conseguenti fenomeni.

di oggetti terrestri, pei quali ne verrebbero scostati. Siccome poi fra vari oggetti che si presentano con eguali dimensioni, noi giudichiamo tosto maggiore quello che stimiamo più lontano, ecco che agli astri ed al sole siamo indotti ad attribuire mole maggiore allorchè si trovano all'orizzonte che non quando sovrastano alla nostra testa.

Un'illusione analoga alla precedente è questa. Imaginiamo di voler dividere in due parti eguali un arco di cerchio verticale che salga dall'orizzonte al nostro zenit. Quest'arco misurerà 90°, e le due parti in cui vogliamo dividerlo saranno di 45° ciascuna. Per segnare con maggior sicurezza la divisione fissiamo una stella che ci sembri scompartire quell'arco in due giuste metà. Ebbene, la stella a cui noi attribuiamo 45° di altezza ne avrà appena 23°, mentre quella che proprio fosse posta a 45° ci apparirà molto più vicina allo zenit di quanto realmente non sia.

La Figura 49 mostra quale sia la posizione di un'altezza di 45° ridotta all'apparente vôlta celeste; e come sia possibile un illusorio ingrandimento degli astri a mano a mano che si allontanano dallo zenit — Cnfr. FLAMMARION, *L'atmosfera*, trad. di *C. Pizzigoni*. Milano, Simonetti, 1876, p. 143

Digitized by Google

Avendo presente il concetto della parallasse solare, noi sappiamo che un osservatore collocato sul sole vedrebbe il raggio terrestre sotto un angolo di 8″,81, e quindi il diametro terrestre sotto un angolo doppio, cioè pari a 17″,62.

Da un lato, dunque, abbiamo il diametro solare che sottende un angolo di 32′,4″, dall'altro quello della Terra che sottende quello di 17″,62, osservati entrambi alla stessa distanza, la distanza *uno* che intercede fra i due astri. Per una semplicissima legge geometrica, le grandezze dei due diametri saranno date dai rapporti fra i due valori angolari: e siccome i 17″,62 sono contenuti 109. 19 volte nella cifra che rappresenta il valore angolare del diametro del sole, ne viene ovvia la conseguenza, che questo sarà di altrettante volte maggiore del diametro terrestre. Ritenuto col Bessel che quest'ultimo diametro sia lungo 12755 o, col Clarke e col Newcomb, 12756 chilom., — il diametro del sole può essere ragguagliato a 1,392,700 o a 1,392,800 chil. La quale cifra — colpa le incertezze intorno al valore della parallasse e alla stima del diametro solare apparente — essendo affetta d'un errore probabile relativo di 7 od 8 mila chilometri, può essere senza scrupolo alcuno arrotondata a 1,393,000 chil. (1).

È facile comprendere il valore di questa cifra quando si pensi che, supposto possibile per un viaggiatore di fare il giro del globo terrestre in 80 giorni, — l'istesso viaggiatore, muovendosi incessantemente colla medesima rapidità, non impiegherebbe meno di 24 anni a compiere il giro del sole. Aggiungasi ancora che siccome la distanza che separa la Terra dal suo satellite è eguale soltanto a 60 raggi terrestri, supposto che potessimo avere una sfera cava colle medesime dimensioni del sole e che vi collocassimo nel centro la Terra (Fig. 50), la luna vi si moverebbe liberamente lungo la propria orbita, anzi si richiederebbero quasi altri 50 raggi terrestri per arrivare ai limiti della sfera medesima.

Ammessa la forma di sfera per il sole, la sua superficie e il suo volume staranno a quelli della Terra come il quadrato ed il cubo dei diametri rispettivi. Quindi elevando alla seconda e alla terza potenza il numero 109.16, ne avremo una superficie quasi 12 mila volte (11922) e un volume oltre 1,300,000 volte maggiore di quello della Terra.

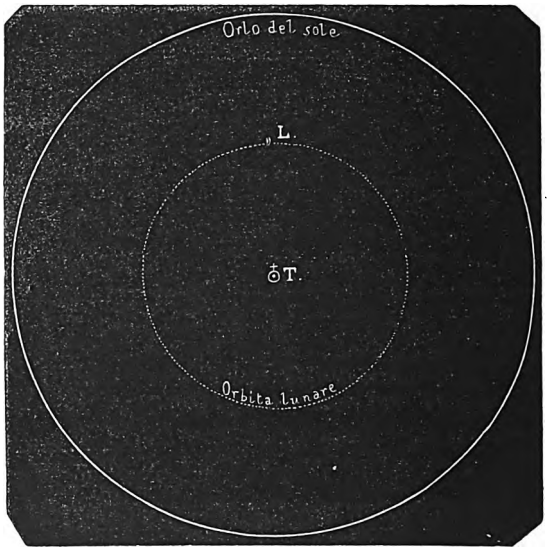


Fig. 50. — Confronto fra le dimensioni del sole e dell'orbita lunare.

Fino ad ora poi nulla induce a ritenere che la *forma* del sole non sia perfettamente sferica.

Le molte misure dei suoi diametri verticale ed orizzontale finora compiute esclusero la idea, espressa anche dal Piazzi, ch'essi fossero sensibilmente differenti tra loro.

Eccone per es. alcune fra le più accreditate

	F. Struve (1821)	Airy (1862) 25 anni di oss.	Airy (1832) 10 anni di oss.	Holden (1881)
Diametro orizzontale	1921″.80	1923″.68	1922″.76	1922″.51
» verticale	1920 .74	1923 .58	1922 .66	1922 .56

Soltanto per le osservazioni dello Struve notasi una differenza poco maggiore di 1″ fra i due diametri, — differenza non confermata dalle ultime diligentissime misure.

Le dimensioni apparenti del disco solare cangiano naturalmente ogni giorno, in relazione al variare della distanza che ci separa dall'astro, sicchè esso ci sembra più grande nel dicembre, epoca in cui la Terra è al *perielio* — cioè alla massima prossimità col sole, — più piccolo in giugno, quando essa è all'*afelio*, epoca della massima distanza (1). Ma le su

(1) Il Secchi e il Young, assegnando al sole quegli una parallasse di 8″91, questi una di 8″8 gli attribuiscono diametri di 1,377,450 e fra 1,385,000 e 1,490,000 chil.

(1) V. **Prospetto X.**

Digitized by Google

dimensioni reali, sospettate esse pure di modificazioni periodiche o forse di diminuzione, non apparvero finora sensibilmente mutabili davanti le più diuturne e diligenti indagini (1).

Ammesse quindi le accennate dimensioni del sole ed ammessa la distanza indicata dalla sua parallasse media, non riesce problema troppo arduo conoscere la sua *massa*.

A tale cognizione si arriva giovandosi delle grandi leggi di Keplero sul movimento dei pianeti, nonchè di quella del Newton sulla gravitazione universale, secondo cui « due molecole materiali si attraggono reciprocamente in ragione diretta delle masse e in ragione inversa dei quadrati delle distanze ». Note le dimensioni e la massa della Terra, nota la sua distanza del sole — la sola incognita del problema, la massa di quest'ultimo corpo, deve risultare degli elementi cogniti. E difatti, essa veniva già calcolata, son più di due secoli, dal Newton e poi da moltissimi altri (2). Fra i più recenti, il Newcomb, nel 1867, la riteneva 322,880 volte, il Leverrier, nel 1876, 324,439 volte maggiore di quella della Terra. Valore, quest'ultimo, che sebbene basato sopra una parallasse alquanto maggiore di quella da noi preferita, continua ad essere generalmente adottato (1).

Uno speciale sviluppo di questi argomenti sarebbe contrario all'indole del nostro lavoro e, d'altro canto, non avendo ancora noi toccato della legge di gravitazione universale, nè di quelle che son note sotto il nome del Keplero, esso sarebbe alquanto precoce. Però, reputando utile che il lettore possa formarsi un'idea del metodo col quale si giunge alla conoscenza della massa del sole, esponiamo in forma elementare il processo più comunemente seguìto per trovare tale incognita.

Se ci fosse dato conoscere le grandezze delle attrazioni esercitate dal sole e dalla Terra sopra uno stesso corpo posto a una medesima distanza, noi verremmo agevolmente a conoscere il rapporto che esiste fra le due masse della Terra e del sole, e, quindi, dacchè quella della prima ci è nota, sarebbe facile conoscere anche quella del secondo. Ora noi sappiamo che la velocità di caduta acquistata da un corpo abbandonato a sè stesso, dopo un secondo di tempo, alla superficie della Terra, è di $9.^{m}$ 8049 per secondo. È quindi questo il numero che serve di misura all'attrazione della Terra sopra l'unità di massa di un corpo prossimo alla sua superficie. Se il corpo si trovasse a una distanza pari a quella che separa la Terra dal sole, cioè a 23412 raggi terrestri, l'attrazione esercitata dalla Terra su quel corpo sarebbe eguale alla quantità 9.8049 divisa pel quadrato di 23412, vale a dire ch'essa (eseguendo la operazione) sarebbe rappresentata dal numero 0.000,000,017,886. Ma le leggi della meccanica ci hanno altresì insegnato a conoscere la grandezza dell'attrazione che il sole esercita sopra l'unità di massa di un corpo qualunque situato sulla superficie della Terra, cioè alla stessa distanza che separa la Terra dal sole. Essa risulterà dalla stessa velocità di movimento della Terra nella sua orbita e sarà precisamente data dal quoziente della divisione della velocità terrestre elevata al quadrato, pel raggio dell'orbita terrestre. Ora, l'orbita terrestre è di 938,220,000 chilom., il numero dei secondi contenuti nell'anno sidereo (in cui la Terra compie la sua rivoluzione) è di 31,558,149, quindi la velocità terrestre si avrà in 29730^{m} al secondo. Dividendo il quadrato di questa velocità pel raggio dell'orbita, pari a 149,322,000 chil., avremo il quoziente di 0.0059192 che rappresenta l'attrazione esercitata dal sole sull'unità di massa di un corpo posto alla distanza che separa la Terra dal centro del sole, mentre quella che la Terra esercitava sopra un corpo posto

(1) Fra le quali occupano posto insigne quelle di L. Respighi. Cnfr. *Sulle variazioni del diam. del Sole in corrispondenza al vario stato di attività della sua superficie* in *Atti dell'Acad. dei R. Lincei*, Serie II,, vol. II., 1874-75, pag. 264; — e le *Osservazioni del diam. solare fatte al R. Osservatorio del Campidoglio*, 1873-1881, pubbl. negli stessi *Atti*, Serie II, vol. II, pag, 633 ; Serie III, vol I p. 751 ; vol. II, p. 1003; vol. VIII, pag. 390; vol. XIII, p. 51

I risultati degli ultimi cinque anni di osservazioni danno differenze minime comprese negli errori personali e d'osservazione: e come conducono ad escludere possibili variazioni accidentali per noi sensibili del diametro solare, così, perchè abbracciano un periodo di minima e ne raggiungono uno di massima delle macchie, escludono anche una variazione concordata colle macchie stesse. Ecco i dati del Respighi:

Diametri apparenti del sole ridotti alla distanza media:

1877	1922."80	da 506	osserv.
1878	1922. 46	» 584	»
1879	1922. 16	» 750	»
1880	1922. 28	» 388	»
1881	1922. 34	» 820	»

(2) Ecco alcune determinazioni riguardanti il rapporto fra le masse della Terra e del sole:

1687, Newton (supponendo una parallasse =a 10"5) . .	$\frac{1}{169,282}$
1782, Lagrange	$\frac{1}{365,361}$
1789, Laplace	$\frac{1}{328,266}$
1802, »	$\frac{1}{329,630}$
1832, Plana	$\frac{1}{352,359}$
1842, Encke.	$\frac{1}{355,499}$
1867, Hansen	$\frac{1}{349,455}$
1879, Von Asten	$\frac{1}{305,879}$

(Houzeau, pag. 506).

(1) *Ann. du Bureau des long.* 1883, p. 141; Newcomb pag. 691. — Il Marthus (p. 326), ammettendo una distanza del sole pari a 23,340 raggi terrestri, fissa il rapporto tra le due masse a $\frac{1}{327,000}$

Digitized by Google

a pari distanza da essa era uguale, come vedemmo, a 0.000,000,017,886. È chiaro che il rapporto fra questi due numeri dovrà rappresentare il rapporto tra le masse della Terra e del sole. Siccome tale rapporto poi corrisponde a $\frac{1}{330,940}$, ne concluderemo che la massa del sole è uguale a 330,940 volte quella Terra.

Non va taciuto poi che questo rapporto non considera veramente la massa sola della Terra, bensì quella del sistema geo-lunare, che gravita come fosse un corpo solo (1). Aggiungasi ancora che nel nostro computo elementare non si è tenuto conto delle perturbazioni planetarie sul movimento terrestre, nè di altre cause che alterano i risultati.

Accettando quindi il valore dato dal Leverrier, non ci vorrebbero meno di 324,439 Terre per fare equilibrio al sole.

Da questo a ricavare il *peso* del sole non c'è che un passo. Quello della Terra già lo si aveva avuto conoscendo la sua densità e moltiplicandone il valore pel volume che la Terra presenta, sicchè il peso del globo terrestre sarebbe rappresentato, in via di approssimazione, dal seguente numero; (2).

6,000, 000, 000, 000, 000, 000, 000

di tonnellate, cioè da 6 mila trilioni di tonnellate, contando all'italiana. Pel sole, il peso in tonnellate sarebbe invece rappresentato dalla cifra accennata moltiplicata pel numero 324,439, che rappresenta la massa solare, e quindi dalla cifra seguente:

1,884, 000, 000, 000, 000, 000, 000, 000, 000:

numero il cui valore può difficilmente essere afferrato, causa la sua stessa enormità.

Meglio forse si potrà comprendere il valore della massa del sole pensando che non solo essa supera di 1050 volte quella di Giove, il massimo dei pianeti, ma ch'essa è ancora di oltre 740 volte maggiore di quella che si avrebbe riunendo in un corpo solo tutti i pianeti componenti il sistema solare.

Ancora: di recente fu calcolato in modo pratico il valore dell'attrazione che il sole esercita sopra la nostra Terra, e quindi con quale apparato materiale meccanico potrebbe essere sostituita per mantenere la Terra nella sua orbita, dato che la gravitazione ad un tratto cessasse. Volendo per tale sostituzione servirsi di filo d'acciaio e supposto che si potesse disporre di fili telegrafici del più grosso diametro, sarebbe mestieri che fra la Terra ed il sole se ne stendesse un fascio disposto sopra tutto un emisfero terrestre così fitto che ogni decimetro quadrato avesse a contare quasi 150 fili (1).

Tale enorme forza di attrazione parrebbe dovesse determinare sulla superficie del sole una energia di *gravità* straordinariamente maggiore di quella che si nota sulla superficie terrestre; in altre parole, parrebbe che sul sole ogni oggetto avesse a pesare un immenso numero di volte più che sulla Terra. Senonchè, stante le dimensioni del sole tanto maggiori di quelle della Terra, i punti della sua superficie distano dal suo centro 109.19 volte più che non distino i punti della superficie terrestre dal loro centro di attrazione, e perciò il valore della gravità solare sarà diminuito nel rapporto del quadrato di questo numero 109.19 a cui accennammo. Quindi un oggetto sul sole peserà solo 27.2 volte più di quanto peserebbe sul nostro globo; abbastanza però perchè niun uomo dotato del peso e della forza ordinari ai nostri contemporanei riuscisse a muoversi, costretto, come sarrebbe, a portare da una tonnellata e mezzo a due del proprio peso.

Lo stesso enorme volume del sole paragonato alla sua massa ci avverte che la *densità* della materia che lo costituisce dev'essere notevolmente minore che non quella della Terra. La densità di questa ultima, secondo le più recenti e reputate sperienze, si ragguaglia a 5.56 (2) volte quella dell'acqua; la densità del sole dovrà ragguagliarsi a circa 1.39, cioè ad $^1/_4$ di quella. Laonde si avrà un peso specifico della materia costituente il sole bensì superiore a quello dell'acqua, ma inferiore a quelli del magnesio (1.74) e del fosforo (1.77), e paragonabile a quelli del carbon fossile (1.28-1.46) e dei legni più compatti, come il melagrano (1.35).

Così toccato degli elementi specialmente geometrici e meccanici del sole, sarebbe d'uopo passare a conoscere alcuni altri particolari che riguardano questa nostra stella e sopratutto la sua costituzione.

Senonchè la superficie del sole a primo aspetto ci rivela ben poco. Il suo stesso po-

(1) La massa della luna è poco più di $\frac{1}{81}$ (0,0123, di quella della Terra.

(2) Accettando il volume della Terra sec. gli elementi del Bessel in 1, 083,000,000,000 di chilom. cubici, e la densità terrestre in 5.56, sec. i signori Cornu e Baille.

(1) Young, *Il sole*, p. 45.

(2) Sec. Cornu e Baille. Sopra questo interessante argomento confronto il capitolo I, Libro II della nostra opera, a pag. 180 e seguenti.

Digitized by Google

tere illuminante e le condizioni termiche dell'atmosfera terrestre nelle ore in cui esso è visibile, rendono difficile, penoso e nei primi tempi poco proficuo l'esame del sole. La *fotosfera,* cioè quell'ammasso infuocato che apparentemente ne costituisce la superficie e che si mostra come la sua principale sorgente di luce e di calore, si presenta alle prime osservazioni come un ammasso caotico senza dettagli di molto rilievo.

Fu solo a poco a poco che sul sole si rinvenne una serie di oggetti distinti, i quali dovevano in seguito rivelare molto della natura e della costituzione di quest'astro, per noi oltremodo interessante. Ecco quali sarebbero queste importanti ed istruttive accidentalità: le *macchie,* coi varî fenomeni che le accompagnano; le *granulazioni;* le *facule* o *lucule;* le *protuberanze tranquille* e le *eruttive;* i *fenonemi coronali*

La teorica della incorruttibilità del sole, superlativamente affermata nei tempi di mezzo, parve del tutto scossa il giorno nel quale, a poche settimane di distanza, sullo scorcio del 1610 (1) o sul principiare del 1611, il telescopio svelava a Galileo, al parroco Fabricio ed allo Scheiner l'esistenza di *macchie* sul suo splendido disco. Prima di loro, certi oscuramenti o per lo meno certi parziali affievolimenti del sole erano stati avvertiti in età ancor remote dai Greci e dai Latini (2); e più tardi e più frequentemente dai Cinesi (3) e dagli Arabi (4). Ma quei *de-*

(1) Questo afferma il Gallilei stesso nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (V. *Le opere di* GALILEO GALILEI, Firenze, Soc. editr. fiorent., 1842, T. I, pag. 375-76), d'accordo col P. Micanzio, con V. Viviani, con Giovanni Pieroni, ecc. Una lettera di quest'ultimo anzi darebbe a credere che la notizia della scoperta di Galileo fosse stata eccitamente allo Scheiner per compiere le sue ricerche. V. *Le opere di* GALILEO GALILEI, id., ib., t. IX., 1852 pag. 257; — t. X., 1853, pag. 67 e 234; — t. XV. pag. 344., nota *a*. Vedi ancora A. FAVARO, *Galileo e lo studio di Padova*. Firenze, Le Monnier, I., 413. — Si noti che Galileo era partito da Padova a' 10 marzo 1611 e che già a Padova aveva veduto le macchie, e ne aveva avvertito gli amici.

(2) V. HUMBOLDT, *Cosmos*, III. pag. 334, che però non accetta i giudizî dell'Ideler su alcune delle antiche osservazioni di macchie.

(3) SECCHI, *Soleil*, I, pag. 3; HOUZEAU, pag. 417. Dal sec. IV al principio del XIII, i Cinesi notarono 45 volte fenomeni d'oscuramento del sole, inesplicabili altrimenti che come macchie.

(4) LIBRI, *Hist. des sciences mathém.*, I, 109; — HUMBOLDT, id. ib. Quest'ultimo registra fra l'anno 45 a. Cr. e il 1547, 17 casi di osservazioni di tale fenomeno da lui raccolte ed esplicabili colla supposizione delle macchie. Non registrata da lui, aggiungiamo l'avvertenza che Giordano Bruno nel libro *De Monade, Numero et Figura* (Francfurti, Wechel et Fischer, 1592, *passim*) ricorda « . . . . maculam qui in sole notarit » Vedasi in proposito BERTI DOM., *Copernico e le vicende del sistema copernicano in Italia*, ecc. Roma, Paravia, 1876. pag. 2.

fectus solis erano attribuiti di consueto a cause soprannaturali, come quando alla morte di Cesare il grande astro

« . . . caput obscura nitidum ferrugine texit (1) »,

ovvero a passaggi di pianeti, quali Mercurio e Venere, davanti ad esso, senza riflettere alla discordanza tra la breve durata di questi passaggi e la persistenza delle macchie, che talvolta si facevan vedere per molti giorni ed anche per parecchi mesi di seguito, come avvenne della *macula* osservata nell'840, che si scorse per ben 91 giorni.

È a tutti noto come non appena il povero e primitivo cannocchiale del secolo XVI svelava le macchie oscure del sole, sorgesse una seria controversia fra il Galileo e lo Scheiner per la priorità della scoperta. Nè sulla medesima si può adesso altrimenti concludere se non riconoscendo al Galileo il merito della precedenza nell'averle vedute, come quello di aver concepito una idea sufficientemente giusta della loro natura, mentre tocca allo Scheiner il merito di avere pel primo istituite delle osservazioni diligenti, e tuttora preziose, su quel fenomeno solare, mostrando di attribuirgli quella importanza che non era passata per la mente del Galileo prima che gli fossero note le ricerche del competitore (2), e finalmente spetta al Fabricio il merito di averne pel primo divulgata la notizia per mezzo della stampa (3).

Però allo Scheiner le chiazze oscure campeggianti sulla superficie del sole non sembravano macchie a quella inerenti, sì invece corpuscoli o pianetini, che s'aggirassero vicini ad essa. Anzi tale teoria ebbe tanto credito, che quegli ipotetici pianetini, per opera del canonico Tarde e del Maupertuis, vennero piu tardi battezzati coi nomi di *borbonia* e di *austriaca sidera*. Siffatta interpretazione delle macchie, respinta dal Galilei, dal Keplero e dal Fabricio, fu ben presto dallo Scheiner stesso abbandonata, nè a farla rivivere valsero più tardi tutti gli sforzi del Gascoigne.

Ad altri, come a Domenico Cassini, al Lahire ed allo stesso Lalande, poterono aver

(1) VIRGILIO, *Georgicon*, I. verso 469. — Anche OVIDIO, *Metamorphoseon*. Libro XV., fab. XI., rammenta come per la morte di Cesare.

« . . . . . Phoebi quoque tristis imago
Lurida sollicitis praebebat lumina terris ».

(2) SECCHI *Soleil*, I., pag. 7.

(3) HUMBOLDT, *Cosmos*, II., p. 219 e 397; — FABRICIUS, J., *De maculis in Sole observatis, et apparente earum cum Sole conversione*. Wittembergeae, 1611.

Digitized by Google

sembianza di montagne solari vedute traverso la tosfera; ad altri ancora, come al Derham e di recente al Chacornac ed allo Zöllner, di eruzioni fumose o di scorie galleggianti nell'oceano liquido fiammeggiante del sole. Ma dopo il Wilson, che primo nel 1769 ne scoperse la conformazione a *cavità*, dopo l'Herschel, e specialmente dopo gli studî spettroscopici che costituiscono una delle glorie della scienza contemporanea, la natura delle macchie venne in gran parte svelata.

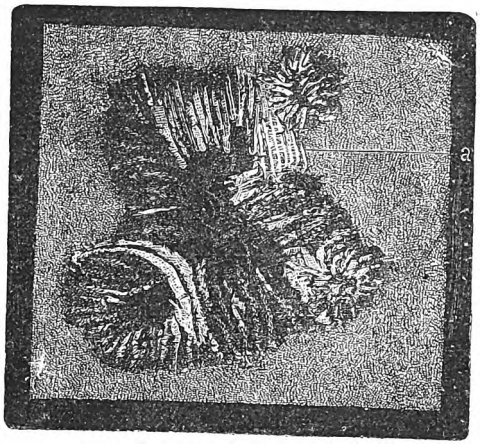


Fig. 51. — Macchia del 9 aprile 1870, sec. il Secchi.

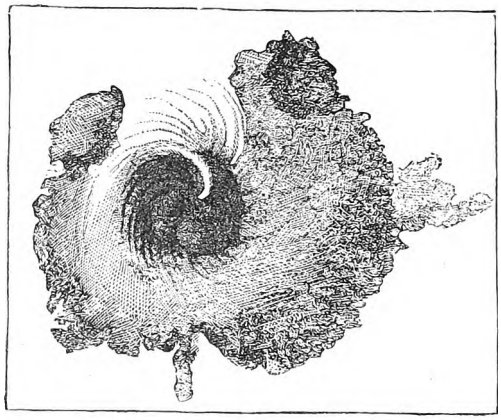


Fig. 52. — Macchia a spirâle, vista dal Secchi il 5 maggio 1857.

Osservata una macchia (Fig. 51) coi potenti telescopi odierni o in un'imagine fotografica (1), essa ci si presenta costituita, di solito, di due parti: una centrale, chiamata *nucleo* (*Kern, noyau*) od *ombra*, oscura ed irregolare — ed un'altra periferica (segnata con *a* nella figura 51), disposta a frangia intorno alla prima, meno oscura di quella, formata quasi da filamenti diretti a raggi verso l'interno e chiamata *penombra* (*Hof*). Esaminato in buone condizioni d'osservazione e con forti mezzi d'ingrandimento, il nucleo non apparisce già nero e nemmeno uniformemente oscuro, ma occupato qua e là da masse nebulose o da accidentalità più o meno splendenti e soltanto apparentemente oscure pel contrasto col fulgore della superficie solare. Certo è che intercettando la luce delle altre parti, l'ombra stessa ci appare luminosa tanto da vincere sovente di 500 volte lo splendore della luna piena.

Volendo paragonare l'aspetto di una macchia a qualche fenomeno terrestre, non troviamo di meglio che quello di una caverna, di cui si veda l'apertura imbutiforme, in parte coperta da cespugli e da pruni, — esempio che calza per quanto riguarda la cavità presentata sì dalla macchia come dalla grotta e per la forma irregolare di ambedue, ma non per quanto concerne la lucentezza della penombra, la quale nelle macchie, di solito, è massima presso l'orlo interno e più basso.

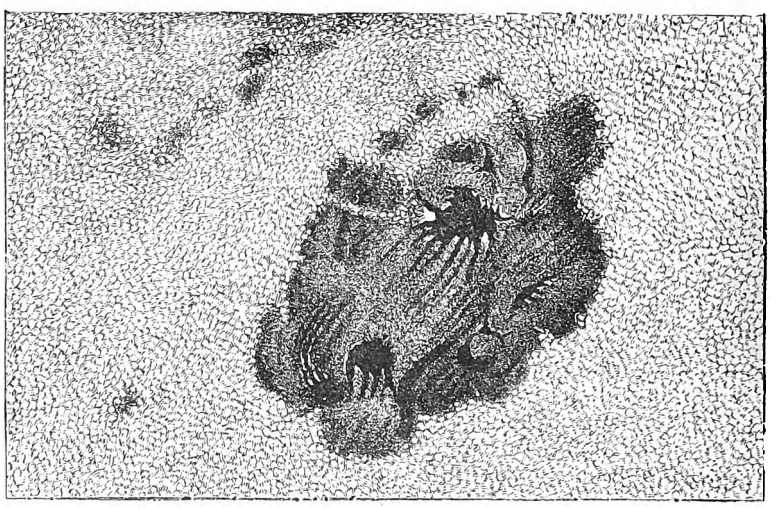


Fig. 53. — Grande macchia solare vista dal Lohse il 2 luglio 1872.

Le macchie si presentano poi di forme di-

(1) V. Tavola IV. dell'Atlante.

Digitized by Google

IL SOLE E MACCHIE VISIBILI A 22 SETTEMBRE 1870

SECONDO I DISEGNI FOTOGRAFICI DEI RUTHERFURD

IL MEDESIMO GRUPPO DI MACCHIE SOLARI VISTO IN SETTE GIORNI DIVERSI

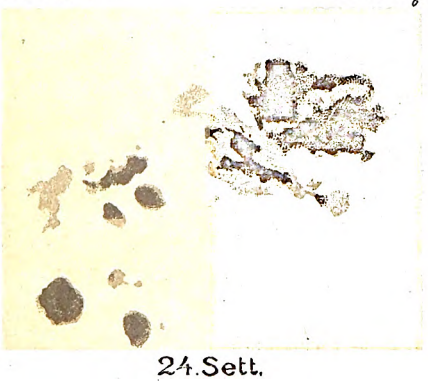
19. Sett.

20. Sett.

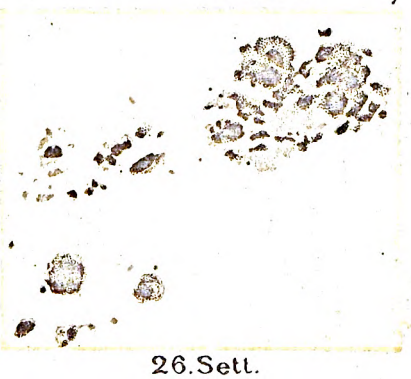
21. Sett.

22. Sett.

23. Sett.



24. Sett.



26. Sett.

Milano, Studio lit.° Lorati — Casa editrice Dottor Francesco Vallardi — G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

verse e bizzarre, da quella di semplici caverne irregolari a quella di cavità a vortice od a spira (Fig. 52), e di grandezze pure diversissime, da quella di semplici *pori*, sino a quella che fa loro occupare larghi spazî della superficie solare, — da 80 a 100 mila e in qualche caso

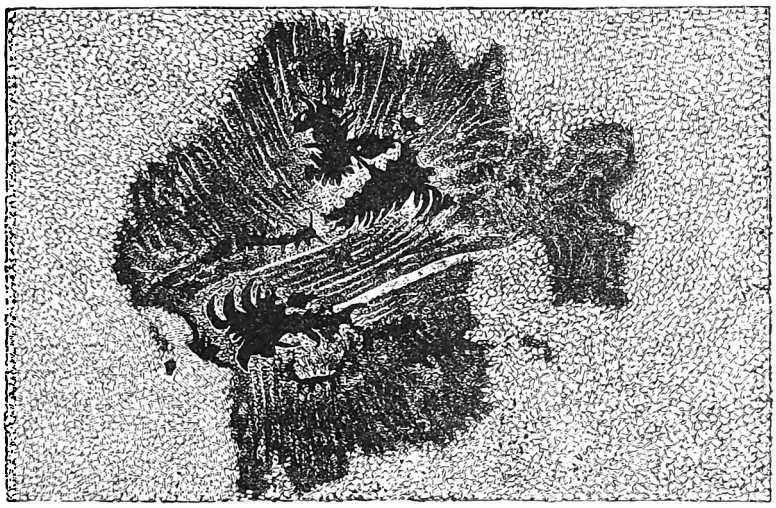


Fig. 54. — La stessa grande macchia solare, il 4 luglio, secondo il Lohse.

eccezionale, come quello offerto dalla macchie del 1858, anche a 230 mila chilometri di diametro — cioè a dimensioni tali che se, come pare, le macchie sono realmente cavità, in una fra esse dalle suddette dimensioni la Terra si sprofonderebbe come una palla da bigliardo in un secchio comune. Quando oltrepassano il diametro di 45 o 50 mila chilom., entrano nella categoria delle grandi macchie, ed allora sono altresì visibili ad occhio nudo, come quelle del 1871 e 72, o quella che si scorgeva dal 16 al 20 aprile 1882 (1), o finalmente quella del 1.° aprile di questo stesso anno 1883 (2).

Ordinariamente si presentano a gruppi di due, tre ed anche più macchie, sia delle stesse dimensioni, sia quasi disposte a corteo attorno ad una macchia maggiore. Esse però non offrono sempre costanza di forma. Talvolta anzi con rapidità grandissima si trasformano, si fondono in una macchia maggiore o si scindono in macchie minori. Ve ne hanno però talune che rimangono immutate per la loro intera durata, la quale può variare da pochi giorni fino a molti mesi, come quella celebre del 1840 e 41, che durò per un anno e mezzo.

Su altri particolari offerti dalle macchie avremo forse a tornare. Adesso ci conviene avvertire come esse ebbero una importanza capitale nell'estendere le nostre cognizioni sulla natura e sulla costituzione del sole.

Anzitutto, e fin da quando se ne conobbe dapprima l'esistenza, esse palesarono un vero movimento di *rotazione*, a cui il sole è soggetto. Già Galileo avvertiva che « erano contigue al corpo del sole, e che intorno a quello si rigiravano, ovvero, portate dall'istesso globo solare, che in sè stesso circa il proprio centro nello spazio quasi di un mese si rivolgesse, finivano lor conversioni » (I). Diffatti, ecco le vicende che le macchie presentano a chi attentamente osservi il sole per parecchi giorni consecutivi. Il primo apparire di una macchia ha luogo in sembianza di una sottile striscia, visibile presso l'orlo orientale dell'astro, la quale ogni giorno muta posto portandosi verso ponente, sicchè, circa una settimana dopo la prima osservazione attinge il mezzo del disco solare e ad un tempo pre-

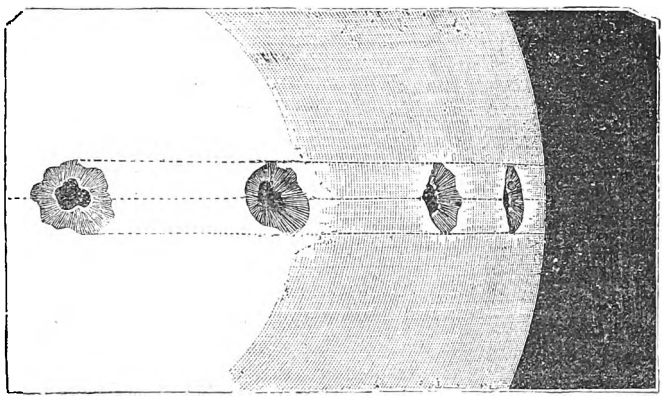


Fig. 55. — Apparente mutazione di forma in una macchia, mentre si sposta dal centro all'orlo del disco solare.

(1) *L'Astronomie*, *Revue populaire*, vol 1°, pag. 152; vol. 2.°, pag. 223.

(2) Id. vol. 2°, pag 186.

(1) *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, in *Opere*, ecc. ed. cit., vol. I, 1842, pag. 376.

Digitized by Google

senta le massime dimensioni, che van diminuendo nel senso della larghezza, man mano che nei giorni consecutivi essa va spostandosi verso ponente, finchè, assunta ancora la forma di una striscia, dopo un'altra settimana, o poco meno, raggiunge il lembo occidentale del sole, dietro il quale non tarda a scomparire (1). Dopo dodici o tredici giorni non è difficile rinvenirla di nuovo più o meno sformata sul lembo solare orientale, pronta a riprendere colla stessa velocità il cammino già segnalato.

Fu questo stesso procedere che palesò al Wilson la forma cava delle macchie sia pel loro allargarsi prospettico, come, e più ancora, perchè quando si trovano a levante lasciano scorgere la penombra o il pendìo orientale della cavità, mentre delle parti interne più prossime al mezzo del disco solare non si vede che l'orlo, il quale nasconde del tutto il nucleo — e parimenti allorchè si trovano a ponente vedesi solo la penombra occidentale, e non si scorge più il nucleo, nascosto dall'orlo più vicino al mezzo del sole. Intere, l'ombra e la penombra si vedono quando la macchia si presenta alquanto più di prospetto a noi, cioè si trova nelle parti di mezzo del disco solare.

Tali apparenze non possono essere offerte se non da cavità, poichè se fossero derivate da sporgenze, l'agire delle ombre sarebbe decisamente opposto (2).

(1) V. la parte inferiore della **Tavola III dell'Atlante**, nella quale uno stesso gruppo di macchie è seguito per sette giorni diversi, come apparve al Rutherfurd, che lo fotografò da New-York nei giorni 19, 20, 21, 22, 23, 24, e 26, settembre 1870. Quel gruppo è il medesimo che sul disco del sole, disegnato nella parte superiore della stessa carta, si trova a sinistra del riguardante.

Si badi ancora che, apparendo l'imagine rovesciata, l'oriente è a sinistra, il ponente a destra del riguardante.

(2) E del pari, se le macchie fossero corpi aggirantisi esternamente al corpo del sole, si vedrebbero al di là del suo lembo tutte le volte che stanno per girarlo, e il loro periodo di visibilità sarebbe più lungo notevolmente di quello durante il quale stanno nascoste dietro il disco solare. Se poi la loro visibilità fosse condizionata al loro passaggio davanti al disco del sole, allora sarebbe notevolmente minore il tempo in cui si vede una macchia. Si supponga che *A C B* sia l'orbita (Fig. 56) descritta dal corpo opaco visibile soltanto durante il suo passaggio sul sole *S*. Dalla Terra *T*, tale passaggio apparisce soltanto mentre il corpo percorre l'arco *B A*, necessariamente minore dell'arco *A C B*. È noto al contrario come una macchia rimanga nascosta appunto per un tempo tanto lungo quanto quello in cui resta visibile.

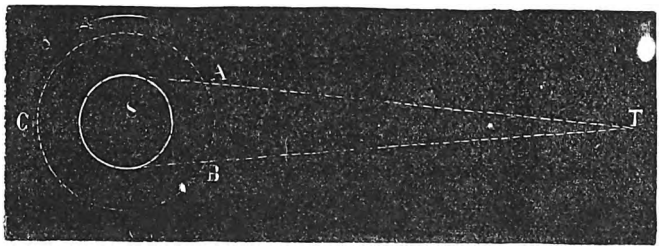


Fig. 56. — Figura che dimostra come le macchie non sieno pianeti aggirantesi intorno al sole.

Ma già un secolo e mezzo prima del Wilson, invece, si era approfittato del movimento delle malchie per dedurre il moto rotatorio del sole. Vedemmo che il Galileo ne avea indotto un periodo di un mese — approssimazione grossolana ed inesatta, anche a confronto di quelle dello Scheiner, che lo credette di circa 27 giorni.

A rendere difficile il determinare con esattezza la durata della rotazione solare mediante il movimento delle macchie concorrevano e lo spostarsi apparente del sole lungo l'eclittica (1), e la instabilità della forma e della grandezza di quelle, e la obliquità del loro

(1) Anche supposto che una macchia formasse una parte connessa rigidamente col sole, essa non impiegherebbe meno di 27*g*. 3 a riprendere quella data posizione nella quale

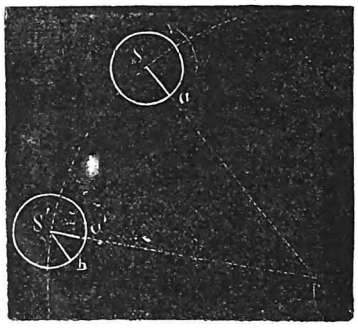


Fig. 57. — Durata vera ed apparente della rotazione solare.

noi l'avessimo veduta la prima volta. Tale durata sembra a primo aspetto corrispondere al tempo che il sole impiega a compiere un intero giro intorno a sè stesso; ma ciò non è. Nel tempo nel quale il sole ruota intorno a sè stesso, descrive apparentemente un tratto dell'eclittica, il che impedisce che la macchia riprendendo il posto di prima rispetto alla superficie del sole (la qualcosa segnerebbe il compiersi di una intera rotazione solare) lo riprenda parimenti rispetto alla Terra. Poniamo, p. es., che in un dato momento noi vediamo una macchia *a* (Fig. 57) posta esattamente nel centro del disco solare: perchè essa riprenda il posto di prima rispetto a noi dopo 27*g*. 3, essa avrà la posizione *a'*; ma invece rispetto al sole medesimo essa avrebbe compiuto il suo giro ben prima, cioè allorchè si fosse trovata in *b*, assumendo la posizione S' *b* parallela alla direzione primitiva *Sa*. Il tempo impiegato da *b* in *a'*, necessario per trovarsi di nuovo nel mezzo del disco solare rispetto alla Terra, va tutto in aumento della rotazione vera del sole, la quale sarà di circa due giorni inferiore alla apparente. Il periodo della rotazione apparente dicesi anche *sinodico*; quello della vera, *sidereo*. I dati del Galilei e dello Scheiner riguardano la rotazione *sinodica*.

Digitized by Google

cammino rispetto al piano dell'eclittica, e da ultimo un moto proprio da cui sono dominate indipendentemente dalla rotazione dell'astro. A dir vero, i due ultimi elementi, notati dallo Scheiner, erano entrambi sfuggiti al Galilei. Tuttavia l'azione delle varie cause perturbatrici può ingenerare, nell'apprezzamento del periodo di tale rotazione, delle discordanze gravi, talvolta di quantità non minori di mezza giornata, come la differenza che a mo' d'esempio risulta confrontando i valori ottenuti ad un secolo di distanza dal Cassini e dal Delambre. Soltanto col prendere una serie numerosa di macchie a base delle determinazioni e coll'adoperare metodi più perfetti, fra i quali anche le fotografie solari, si venne a conoscere con sufficiente approssimazione il tempo e le modalità secondo le quali si compie il moto rotatorio solare.

Ecco quindi quali sono i valori per la rotazione del sole e per la inclinazione del suo equatore sul piano dell'eclittica, ottenuti da varî osservatori in varie epoche:

Data della determinazione	Osservatore	Durata della rotazione in giorni solari medî	Inclinazione dell'equatore solare sul piano dell'eclittica
1630	Scheiner	25. 8.ore (c.a)	7°
1701	Cassini G. D.	25. 14. 8.m.	7.30′
1776	De Lalande	25. 10. 0.	7.20
1814	Delambre	25. 00. 16. 6	7.19
1863	Carrington (1)	24. 23. 19. 4	7.17
1865	Schwabe	25. 5. 0.	7.17.7
1867	Faye (2)	25. 4. 29. 3	» »
——	Carrington (3)	25. 5. 47. 2	7.15
1868	Spoerer e Secchi (3)	25. 5. 37.	6.58

Adesso adunque si conclude attribuendo alla rotazione del sole una durata oscillante fra 25 giorni e 1/4 e 25 giorni e 1/8, (4) ed un valore non molto diverso da 7.° all' angolo che il piano di questa rotazione forma con quello dell'eclittica.

Senonchè gli ultimi studî del Carrigton, dello Spörer, del Secchi, del Faje e di altri misero in luce questi fatti: che le macchie non sono dotate di un movimento uniforme intorno all'asse del sole; che la rotazione della superficie del sole non presenta la stessa velocità angolare alle varie latitudini, ma è tale che l'angolo descritto in un dato tempo è massimo avvicinandoci all'equatore solare e va man mano diminuendo col crescere delle latitudini (5); che la rotazione del sole quindi non si manifesta quale dovrebbe essere quella di una sfera solida, sibbene quale conviene ad una massa fluida; che probabilmente la durata di tale rotazione non è costante, ma va soggetta a variazioni, i cui periodi non si poterono finora determinare con sicurezza (6).

E probabilmente un fatto connesso colla circostanza che il moto delle macchie è massimo presso l'eqnatore, è anche quello ch'esse presentáno la maggiore loro frequenza lungo due zone parallele all'equatore medesimo e da esso poco lontane. Veramente lungo l'equatore esse sono rarissime e di solito fugaci, come sono rare e fugaci al di là dei 40° di latitudine, nè se ne videro mai oltre i 51°. Le zone della massima frequenza (le *zone regie* dello Scheiner) cascano adunque fra i 6° e i 35° di latitudine, presentando un *maximum* intorno ai 18° e spostandosi, a quanto sembra, esse pure periodicamente (1).

Si aggiunga da ultimo esser probabile che oltre del moto, che vedemmo variabile, in longitudine, le macchie sieno dotate anche di un moto in latitudine, qua diretto verso l'equa-

(1) Houzeau, p. 414.

(2) Discutendo le osservazioni del Carrington.

(3) Secchi. I, pag. 140.

(4) Tale durata starebbe anche frammezzo quelle di 24 giorni 13 ore e di 25g. 8 ore nonchè di 25g. 18 ore dedotte con altri metodi, cioè secondo i periodi della declinazione magnetica o della temperatura in alcuni stagioni. Cnfr. in proposito Houzeau, pag. 414, e più avanti.

(5) Si può valutare di c.a 25 giorni all'equatore, di 26 1/2 a 30°, di 27 1/2 a 45°.

(6) Secchi. *Le Soleil*, I, pag. 130; — Faye, *Sur la constit. physique du Soleil* in *Ann. du Bureau*, ecc., 1873, pag. 478; — Young, pag. 137; — Wolf R. *Handb. der Mathematik*. Zürich, 1872, Vol II., pag. 309. Quest' ultimo ritiene si compia la rotazione dopo un *minimum* di macchie in 25 g., 14 ore, 22m.6, verso un *maximum* in 23 g., 7 ore, 14m.9, prima di un *minimum* in 25 g., 4 ore 48m.

(1) Vedi Secchi, I, p. 139. Cnfr. anche *Sur le caractère oscillatoire de la cause qui détermine la distribution variable des taches à la surface du Soleil. Note de M.* Spörer *pres. et annotée par* Faye in *Comptes Rendus de l'Acad.* vol. XCIV. 30 genn. 1882, pag. 205.

È importantissimo il fatto, avvertito dallo Spoerer, di questa successione nel massimo delle macchie a varie latitudini, in modo che se quest'anno il massimo si nota a 30°, l'anno venturo si mostrerà a 25°, poi a 20° e così di seguito fino ai 7° od 8°, per poi ripigliare daccapo ai 30° e rinnovare l'istessa oscillazione nell'attività solare. In altre parole: allorchè, dopo un minimo, le macchie cominciano a ricomparire sul disco del sole, esse si presentano ad un tratto nelle latitudini elevate, poi si approssimano gradatamente alle zone vicine all'equatore, fino all'epoca del minimo successivo. Vedi **Prospetto XI.**

Digitized by Google

tore, più oltre verso i poli, in modo ancora che la linea di demarcazione mediana fra i varî moti non coincida coll'equatore, ma sì invece coi paralleli posti a 5° di distanza da esso.

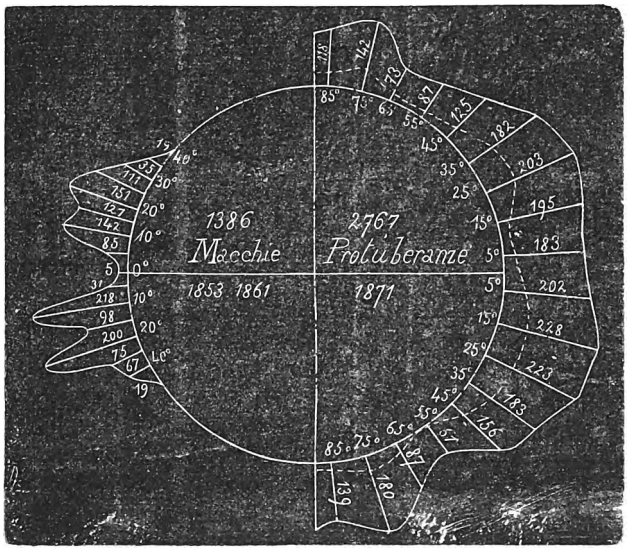


Fig. 58. — Distribuzione delle macchie e delle protuberanze sul disco del sole.

Fra le scoperte impreviste che la storia della scienza annovera, può contarsi anche quella di un *periodo* nelle macchie solari. Essa è recente, poichè risale solo al 1844, e si deve allo Schwabe di Dessau (1).

Una osservazione prolungata per alcuni anni mostra come le macchie vadano mutando in numero di tempo in tempo, in modo da dar origine ad aumenti e a diminuzioni che si succedono con notevole costanza.

Fu un vero danno che i primi osservatori o poco compresi della importanza delle macchie, per questo non ne registrassero accuratamente il numero, o preoccupati solo dalla determinazione della rotazione solare, trascurassero le più piccole fra esse e perciò meno acconcie a tale determinazione, o finalmente, forniti di strumenti imperfetti, non potessero giustamente apprezzare la estensione ch'esse occupavano sulla superficie del sole. Quindi una serie di buone osservazioni di macchie, convenientemente registrate, risale, si può dire, al 1826 ed allo Schwabe, e fu perciò mestieri di tutta una lunga, paziente e mirabile discussione delle notizie anteriori perchè il Wolf di Zurigo potesse costruire una tabella della frequenza delle macchie anno per anno, dall'epoca delle osservazioni del Fabricio a noi, cioè dal 1610 al 1877. Da questa tabella è tratta una rappresentazione grafica, della quale nel nostro diagramma (Fig. 59) è presentata quella parte che comprende i soli ultimi 100 anni, quelli del resto che abbracciano i dati più attendibili.

Già una semplice occhiata che si rivolga alla figura seguente appalesa una vicenda decennale od undecennale, che corre da mas-

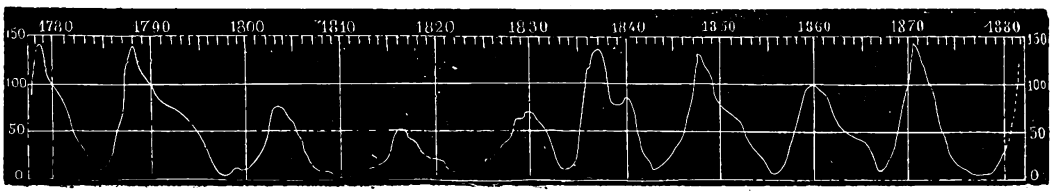


Fig. 59. — Curva rappresentante i periodi delle macchie solari negli ltimi cento anni, secondo il Wolf

simo a massimo e da minimo a minimo; vicenda costante anche se non possa dirsi perfettamente uniforme e regolare. Difatti si hanno esempî di massimi discosti fra loro anche 16 anni (1788-1804), ed anche solo 7 anni (1830-1837); e del pari di minimi discosti ora 15 anni (1660-1675) ed ora solo 8-9 anni (1685-1693 e 1834-1843). Queste discordanze, le incertezze delle vecchie determinazioni e, dicasi pure, un concetto forse a priori di collegamento fra i periodi delle macchie e i ritorni di altri fenomeni celesti, come sarebbero le rivoluzioni planetarie, diedero ansa a congetture diverse sulla durata dei periodi stessi. Così lo Schwabe, nel 1844, la riteneva approssimativamente eguale a 10 anni; il Thiele nel 1859, basandosi sulle osservazioni del secolo scorso, a 9.74 anni, e su quelle di questo

(1) CHAMBERS, *Descriptive Astronomy*, p. 19; — SECCHI, I. pag. 177 e seg.; — YOUNG, pag. 148; — WOLF, *Astronomische Mittheilungen* dal 1865 in poi. Zurigo - e *Quelques resultats déduits de la statistique solaire* in *Memorie degli Spettroscopisti italiani*, Anno X., 1881, p. 61; — HAHN *Dr.* F. G, *Ueber die Beziehungen der Sonnenflechenperiode zu meteorolog. Erscheinungen.* Leipzig, Engelmann, 1877.

Digitized by Google

secolo, a 10.23 anni, il Faye, sulle osservazioni dello Schwabe, nel 1878, ad 11. 2 anni, e quasi contemporaneamente R. Wolf ad 11. 11; lo Spoerer, sulle osservazioni posteriori al 1752, ad 11. 31: finalmente il Duponchel, nel 1881, discutendo e correggendo le vecchie osservazioni, ad 11. 85 anni. Senonchè recentissime e pazienti ricerche compiute nuovamente dal Wolf (1) indipendentemente da ogni preconcetto lo condussero ad escludere il periodo quasi dodicennale e ad ammettere invece come probabile l'esistenza di due periodi: uno, più spiccato, di 11 anni e 4 mesi — l'altro meno saliente, di 10 anni.

Un secondo periodo di 56 anni circa o suppergiù di 5 periodi undicennali, dapprincipio apparso allo stesso Wolf come probabile, ha ancora bisogno di essere confermato, come ne ha bisogno quello di 170 anni (eguale, cioè, a 17 periodi decennali e a 15 periodi di 11 anni 4 mesi) proposto dal Faye.

Limitandoci a questo secolo soltanto, ecco gli anni e i periodi dei massimi e dei minimi delle macchie solari:

Minimi		Massimi	
Anni	Differenze	Anni	Differenze
1798.3		1804.2	
	12.3		12 2
1810.6		1816.4	
	12.7		13.5
1823.3		1829.9	
	10.6		7.3
1833.9		1837.2	
	9.6		10.9

Minimi		Massimi	
Anni	Differenze	Anni	Differenze
1843.5		1848.1	
	12.5		12.0
1856.0		1860 1	
	11.2		10.5
1867.2		1870.6	
	(11.7)		12.7 (?)
(1878.9)		(1883.3?)	

Per dare ancora una idea dell'aumentarsi graduato e costante dell'attività solare dopo un minimo di macchie, esponiamo nei prospetti (2) un riassunto trimestrale, che qui compendiamo per anni, delle accurate registrazione di tale fenomeno, che giornalmente si compiono nell' Osservatorio del Collegio Romano.

	Macchie e fori				Protuberanze				Facule	
Anno	Frequenza delle macchie	Giorni senza macchie	Media estensione delle macchie	Num. dei gruppi	Num. medio per giorno	Numero ragguagliato ai giorni d'osserv.	Altezza media	Lunghezza media	Media estensione	Numero dei gruppi
1879	1.83	58	3.46	—	3.0	615	34."2	1.°46	17.11	268
1880	13.85	12	32.78	165	6.7	1334	42. 6	2. 20	63.21	592
1881	19.44	0.5	43.01	311	11.1	1995	48. 0	2. 67	88.38	1184
1882	22.57	0.0	59.20	288	11.1	2327	45.4	2. 37	81.55	819

Il prospetto prende le mosse dall'ultimo minimo, quello del 1878, e veramente abbraccia anche altri due fenomeni dell'attività solare, dei quali toccammo di volo, ma sui quali è d'uopo tornare di nuovo: le *protuberanze* e le *facule*.

Fin d'ora riesce facile poi al lettore avvertire l'accordo che esiste fra l'andamento loro e quello delle macchie.

Il sole adunque nel 1882 e altresì durante tutto l'anno 1883 attraversò un periodo di massima e quanto prima probabilmente si avvierà con lentezza verso un periodo di minima, che si può presumere possa essere raggiunto intorno agli anni 1889 o 1890 (3).

La scoperta di un periodo così accertato indusse alla ricerca delle cause che potessero determinarlo. Le ipotesi principali

(1) *Astronomische Mittheilungen*. N° 57; — *Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*, Vol. XCV.. pag. 1245, Seduta del 18 dic. 1882; — *Quelques resultats deduits de la statistiques solaire* in *Memorie degli Spettroscopisti italiani*. Anno X., 1881, pag. 61.

(2) Vedi **Prospetto XII.**

(3) Sec. il Duponchel (*Comptes rendus de l'Acad.*, Volume XCVI. pag. 1417), invece, il massimo del periodo attuale non è stato ancora toccato e non lo sarà prima del 1885 Anche il Tacchini nel gennaio decorso manifestava l'idea che si dovesse attendere tutto il 1883 prima di vedere l'avviamento verso un minimo (*Memorie degli spettroscop. ital.*, An. XII, fasc. 1.°, genn 1883. pag. 15). — Veramente il massimo che sta adesso per cessare o che è già cessato col 1882 è fra i meno spiccati. come può ricavarsi confrontando i numeri relativi degli ultimi dieci massimi secondo furono calcolati dal prof. Fritz di Zurigo:

Anni	N.° relativo delle macchie	Anni	N.° relativo delle macchie
1778	154	1837	138
1787	132	1848	124
1804	73	1860	96
1816	46	1870	139
1830	71	1882	59

Aggiungiamo ancora i numeri relativi delle macchie per gli anni compresi fra i due ultimi periodi di massimo, sempre secondo lo stesso scienziato:

Anni	N.° relativo delle macchie	Anni	N.° relativo delle macchie
1870	129	1876	11
1871	111	1877	12
1872	102	1878	3
1873	66	1879	6
1874	45	1880	32
1875	17	1881	54
		1882	56

V. Reis Paul., *Die periodische Wiederkehr von Wassersnoth und Wassermangel in Zusammenhange mit dem Sonnenflecken den Nordlichtern und dem Erdmagnetismus*. Leipzig. Quandt et Händel. 1883, pag. 95.

Digitized by Google

diretto a spiegarle sono due. Una — accarezzata (1) da valenti astronomi, quali lo Stewart, il Lockyer, il Delarne ed altri — si basa sulla coincidenza di alcuni periodi delle macchie colle rivoluzioni dei pianeti, e precisamente col ritrovarsi questi, ogni tanti anni, disposti sopra una stessa linea col sole, la quale cosa, o per ragioni puramente meccaniche, o fisiche e meccaniche ad un tempo, dovrebbe determinare una mutazione nell'attività di quell'astro. L'altra ipotesi — in origine forse dovuta all'Herschel e ancora recentemente riproposta dal Peirce, — sarebbe diretta a cercare la causa della periodicità delle macchie in una corrente di meteore pari a quelle che formano le stelle cadenti, nella quale investirebbe il sole ad ogni undicennio.

La questione finora è tutt'altro che risolta, benchè adesso si accentui la tendenza a ritenere esigua l'azione dei pianeti, e propria del sole e della sua costituzione la periodicità delle macchie, le cui cause solo in esso presumibilmente si debbono ricercare.

Le macchie, come scorta importante alla conoscenza della costituzione solare ebbero degli ausiliari nell'utile bisogna — che, oltre esce ed i *pori*, i quali accennammo, la superficie solare studiata attentamente, presenta delle altre ed istruttive accidenità: v'è, anzitutto, la *granulazione* gono-

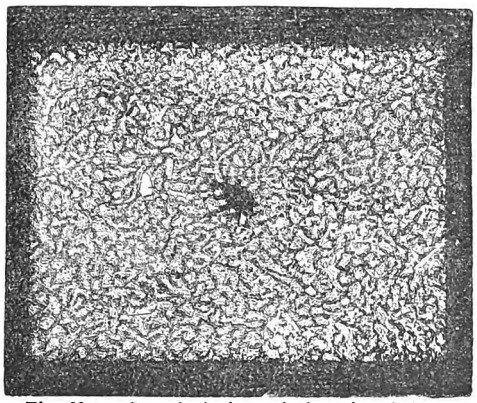


Fig. 60. — Granulazioni e reticolato fotosferico.

rale della fotosfera (Fig. 60), formata da infinito numero di granelli luminosi di varie figure con (predominio dell'ovale), sicchè furono battezzati come *foglie di salice* dal Nasmith, o come *grani di riso* dallo Stone e dal Secchi, e come *fili di paglia* dallo Young, e divisi fra loro dal così detto *reticolato fotosferico* (Fig. 60), minuta intrecciatura di solchi, oscuri in apparenza pel contrasto dello splendore; — vi sono le *facule* (Fig. 61) e le *lu-*

Fig. 61. — Una *facula*.

cule, quelle maggiori, queste minori masse irregolari e splendenti, che in foggo talvolta bizzarre si staccano vivamente sullo stesso fondo splendido della fotosfera. Faculo e lucule che si trovano non di rado isolate, e spiccano specialmente sui lembi del sole, ma che rappresentano anche un necessario accompagnamento delle macchie. Se la loro mutabilità non ne guastasse il paragone, si potrebbero assomigliare forse a creste montuose terrestri, più vivamente illuminate che non siano i fondi delle valli circostanti.

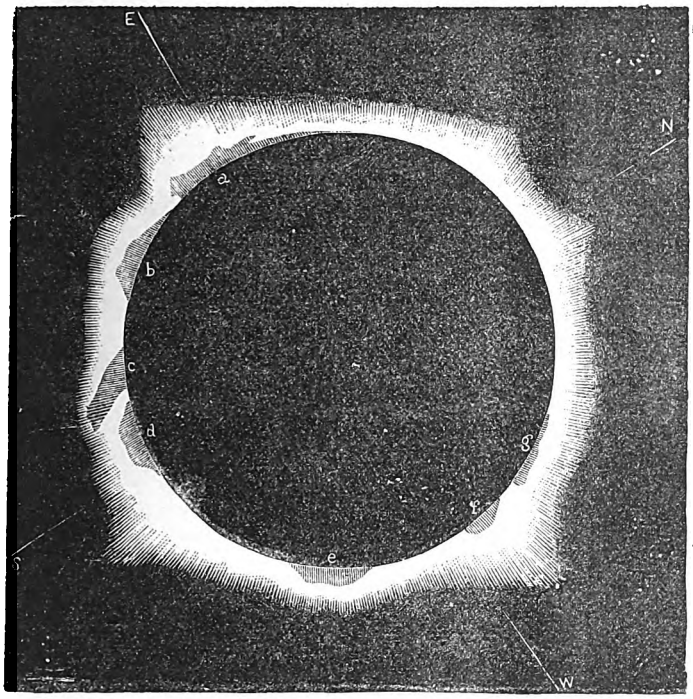
Questi fenomeni sono visibili ogni giorno e sono inerenti alla fotosfera propria. Ma l'esame del sole durante il raro succedersi delle eclissi totali, permise agli astronomi di riconoscervi altre meravigliose accidentalità: le *protuberanze* ed i *fenomeni coronali*. La *corona* era senza dubbio nota agli antichi, ma quanto alle protuberanze, se la zona in cui appaiono fu vista (1) dapprima nell'eclisse del 1706, nella quale allo Scheuchzer *circa lunam fulgur apparuit rutilans*, ed esse vennero descritte già dal Wassenius nel 1733; la vera importanza loro non fu rilevata prima di questo secolo, e solo nel 1851 l'Airy le dimostrava spettanti al sole, non già, come si credeva in addietro, quali fenomeni di natura

(1) Young, pag. 155; — Secchi, pag. 189; — I. Norman Lockyer, *Contributions to solar physics*, London, Macmillan, p. 386; — Hahn *Dr. F. G. Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken Periode zu meteorol. Erscheinungen*, Leipzig Engelmann, pag. 176

(1) Vedi in Secchi (I, pag. 331) altre osservazioni fatte nel 1239 e nel 1560, e che si possono interpretare come riferibili a protuberanze. Della *corona* fanno cenno Filostrato e Plutarco. — V. in G. F. Chambers. *A. Handbook of Descriptive astronomy*, Thirel edit. Oxford, Clarendon 1877, p. 184 e seg.

Digitized by Google

lunare. Momento importantissimo per la scienza fu poi quello dell'eclisse del 1868, nel quale il Jannsen e il Lockyer (1) appresero agli scien-



ig. 62. — Eclissi solare del 17 agosto 1879, secondo la riproduzione fatta dall'Eastman a Des Moines (Jowa, Stati Uniti).

ziati che le protuberanze e la zona in cui si manifestano si potevano studiare in ogni tempo, onde tanta messe di gloria ne trassero essi e lo Zollner e l'Huggins e gli spettroscopisti italiani Secchi, Respighi, Tacchini e Lorenzoni.

Allorchè ha luogo un eclisse totale, nell'istante in cui l'ultimo raggio del sole scompare, si presenta ai nostri sguardi un maraviglioso spettacolo. La sfera lunare, tinta del nero più cupo, si mostra sospesa nell'aria frammezzo un'aureola di luce argentea o perlacea, simile a quelle colle quali i pittori del primo medio evo cingevano le teste dei santi. Alla base di questa *corona* e lungo il disco lunare (Fig. 62, lettere *a-g*) si stende un anello di luce abbagliante, in cui a guisa di carbonchi splendono di tinta rosea o rossa viva alcune *prominenze* o *protuberanze* di forme diverse, a lingue, a picchi, a piramidi, a corna, a nuvole; talvolta quasi sospese senza base o legame apparente colla sfera inferiore, tal altra ancora circuenti tutto o in gran parte l'orlo lunare, lungo il quale si stende un leggiero velo dell'istessa loro natura (V. la Tav. V e le Figure 63, 64 e 65).

La *corona* non ha di solito forma circolare, ma piuttosto si approssima a quella di un quadrangolo irregolare disposto in modo che i suoi angoli luminosi caschino fra i poli e l'equatore solare. Tali angoli sono talvolta dei veri pennacchi lucenti, delle code, delle *glorie*, che quasi, a ruota raggiante, si spiccano dalla luminosa figura quadrangolare fino a distanze notevolissime. La corona presenta il suo massimo splendore alla base e sfuma quindi lentamente verso l'esterno. Grazie a tal lieve degradare della sua luce, è difficile assegnarle un limite; tuttavia il suo spessore di consueto uguaglia e talvolta supera il diametro della luna, e deve dunque staccarsi dall'orlo di questa per circa un mezzo grado, vale o dire non meno di 1 milione o 1 milione e $^1/_4$ di chilometri. Fra raggio e raggio o pennacchio e pennacchio si sprofondano alcuni avvallamenti meno illuminati di

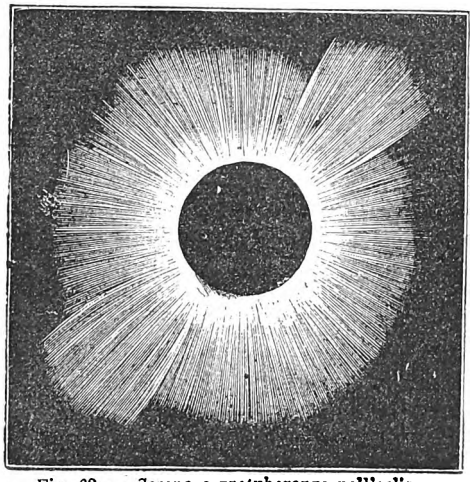


Fig. 63. — Corona e protuberanze nell'eclisse totale dell'8 luglio 1842

quelli e perciò di apparente oscurità. Spesso i pennacchi e i nastri di luce han forma di trecce, di capelli filamentosi, di code, di coni intersecantisi in varî sensi.

(1) Young, p. 132

Digitized by Google

Per quanto la luce lattea della corona sembri fioca, generalmente si giudica maggiore di quella della luna piena, ed è tale da permettere sovente il leggere e lo scrivere. È, del resto, difficilissimo apprezzarne giustamente il valore fotometrico.

Di solito, essa apparisce qualche secondo e in certi casi anche qualche minuto prima della totalità dell'eclisse, e, cessata questa, perdura altrettanto tempo.

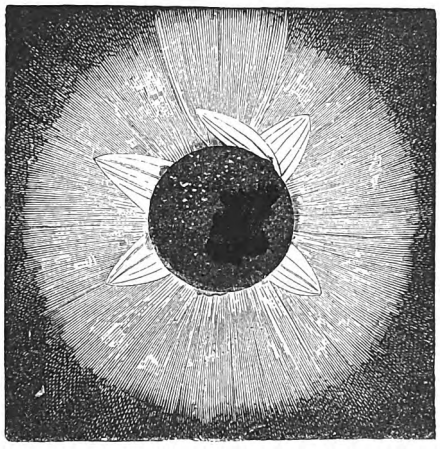


Fig. 64. — Corona e protuberanze nell eclisse del 7 settembre 1858.

Trattandosi di uno fra i fenomeni più delicati del cielo, è una vera sfortuna che la corona non si possa esaminare se non nei brevissimi periodi delle eclissi totali, delle quali in media se ne avvera una ogni due anni, nè durano, per quanto concerne la totalità, se non da due a tre minuti; in modo che è molto se nel volger di un intiero secolo la corona sia visibile per un tempo complessivo di otto giorni, presa tutta insieme, quale osservatorio, la superficie terrestre.

La scoperta dei fenomeni coronali rese necessario poi di accrescere di due nuovi nomi la nomenclatura delle grandi parti costituenti il sole: quello dell'*atmosfera coronale* o *cromosfera esterna*, e quello della *cromosfera* o *cromosfera interna* o *sierra*, secondo l'Airy (1), il Proctor e qualche altro.

Ora vedemmo che mentre l' atmosfera coronale visibile solo nell' eclisse ci può essere malamente nota, non si può dire lo stesso della *cromosfera*. anzi i fenomeni caratteristici di questa parte dell' atmosfera solare, le *protuberanze*, furono in questi ultimi anni, oggetto di studi giornalieri non meno accurati di quelli delle macchie. Ne avvenne che si numerarono, si disegnarono, se ne studiò la frequenza, la grandezza, le forme, i movimenti e mediante lo spettroscopio si analizzò diligentemente la natura delle sostanza che le compongono.

Le *protuberanze* adesso si distinguono in *tranquille* ed *eruttive*. Le prime si mostrano

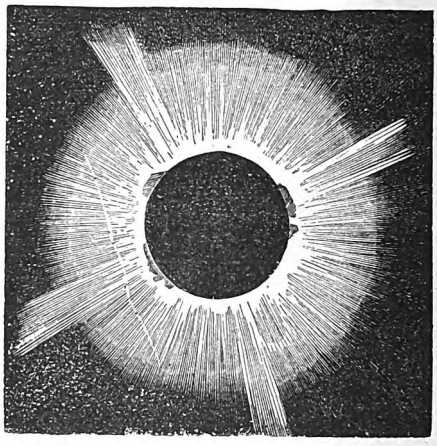
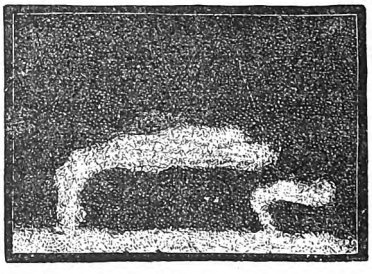


Fig. 65. — Corona e protuberanze nell'eclisse del 18 luglio 1860.

quali aderenti al sole, quali sospese sopra il suo orlo, pari a nubi galleggianti nella nostra atmosfera, ed anche paragonabili a nubi sì per la bizzaria della forma (1), come anche in qualche caso per la loro mutabilità (2). Di solito le protuberanze di dimensioni ragguardevoli sono



Ftg. 66. — Protuberanze tranquille.

poco numerose, superando di rado la ventina. La loro frequenza, del resto procede di conserva con quella delle macchie solari e delle facule, come si può vedere dalla Fig. 58; ma

(1) Il Lockyer (*Solar Physich*, pag. 417) fa uso della nomenclatura seguente:

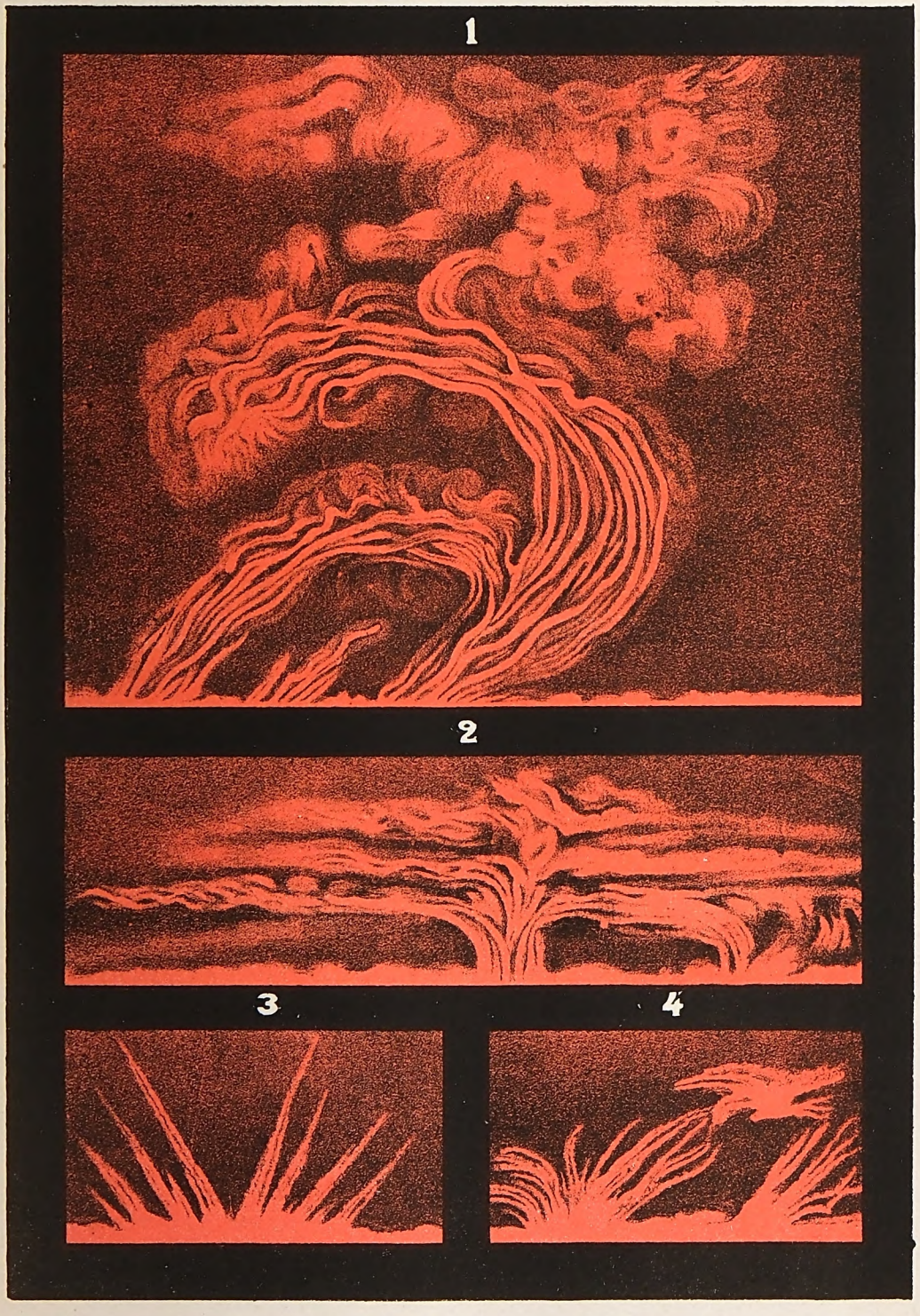
Atmosfera solare { Cromosfera { esterna / interna } / Fotosfera }

(1) Più frequentemente simile a quella dei *cirri* e degli *strati* che a quella di *cumuli*, forme dominanti nelle nubi terrestri. Vedi **Tavola V dell' Atlante** e le Figure 66. 67 e 68

(2) Young, pag. 415.

Digitized by Google

PROTUBERANZE ED ERUZIONI SOLARI



Porati. Milano Casa Edit. Dottor Franc. Vallardi G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

non sono, come queste, distribuite in una zona poco ampia, che anzi abbracciano tutta la sfera solare da un polo all'altro, predominando nelle parti lateralmente prossime all'equatore. Ai poli però la loro frequenza *reale* non è si grande come risulta dalla Figura, perchè, grazie al loro spingersi superiormente alla superficie del sole, ivi, presso l' asse di rotazione, una stessa prominenza è veduta più a lungo che non nelle altre parti solari, dove il volgersi del sole la nasconde all' osservatore.

La cromosfera si deve ritenere alta in media soltanto 10″ o 12″, cioè da 8 a 10 mila e al massimo 16 o 17 mila chil. Le protuberanze si spingono di consueto all'altezza di circa 30 mila chil., talvolta a quella di 50 mila e molto di rado oltre i 150 mila chil. Però il Secchi ne vide una elevata 480 mila e il Young una di quasi 600 mila chil., cioè tale la cui vetta distava dall'orlo del sole per uno spazio pari ad 1 volta e $^2/_3$ quello che separa la luna dalla Terra.

Fornite di grandi masse, talvolta — lo dicemmo — quasi sospese (1) sopra la fotosfera,

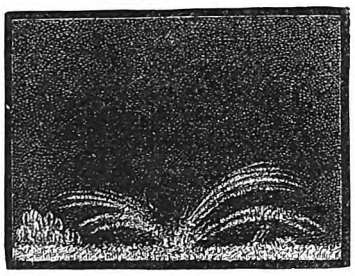


Fig. 67. — Protuberanza eruttiva a 9 ore e 30 minuti del 19 giugno 1871.

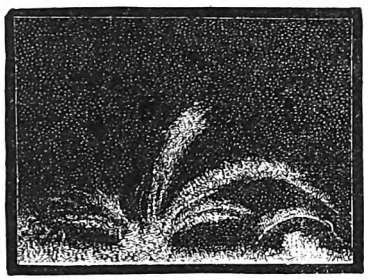


Fig. 68. — La stessa protuberanza a 9 ore e 50 minuti.

le protuberanze di questa specie rimangono spesso senza modificarsi per parecchi giorni, mentre le *eruttive*, che affettano la figura di getti o di lingue luminose, mutano rapidissimamente di forma, di splendore e di grandezza, passando dai 30 o 40 mila chil. a dimensioni maggiori delle protuberanze tranquille. Si accompagnano, di regola, alle macchie, nè si trovano mai molto prossime ai poli. Per dare una idea delle forme ch' esse assumono, somiglianti spesso a trombe, a fontane od a capitelli, bisognerebbe moltiplicare oltremodo le loro grafiche rappresentazioni (1),

La rapidità delle loro trasformazioni è tale che i getti si giudicano muoversi d'ordinario colla velocità di 150000 chil., talvolta spinta anche a 300 e più mila chilometri al secondo.

Parlando della costituzione chimica delle stelle, avvertimmo in quale guisa lo spettroscopio abbia svelato all'uomo le sostanze che bruciano negli astri; sicchè adesso sarebbe superfluo ripetere i pochi cenni elementari allora esposti intorno al metodo generale di ricerca spettroscopica. Ma allora altresì menzionammo come, il primo oggetto di paragone per la chimica stellare fosse appunto il sole, colle cospicue accidentalità ch' esso presenta

Senonchè del sole stesso la parte interna ci è completamente ignota, ed è già molto se le macchie ci permettono di penetrare poco oltre la superficie splendente della fotosfera, e d'altronde le regioni estreme dell'involucro solare, la corona e la esilissima materia che la costituisce ci si mostrano per istanti troppo fuggevoli e a periodi troppo lontani. Per di più, la fotosfera da noi non può mai essere esplorata a nudo, poiche fra essa e i nostri strumenti s'interpone sempre la cromosfera e l'atmosfera coronale, interposizione che esercita un effetto rilevante, invertendo le righe dello spettro, assorbendo o disperdendo i raggi della fotosfera.

Una prova della inversione di moltissime righe dello spettro (2) prodotta dall'assorbimento dell'atmosfera solare, la si ha in uno fra i più bei fenomeni della eclissi. Difatti, se osservando il sole sulle spettro si disegnano oscure le righe di quei corpi che spettano ad un tempo alla fotosfera e all'atmosfera solare, qualora noi potessimo isolare quest'ultima sceverandola dalla sfera interna dell' astro, le linee oscure dovrebbero tramutarsi in lucide conservando i loro posti e quindi il loro significato spettroscopico. Ora, man mano che,

(1) V. Tavola V.ª, Fig. 1.ª.

(1) V. Tav. V.ª. La figura 1.ª rappresenta una protuberanza eruttiva vista dal Secchi il 13 aprile 1870: la sua altezza totale è di 139,000 chilometri. Le figure 2ª. e 3.ª rappresentano pure due protuberanze eruttive caratteristiche, disegnate dal Secchi.

(2) V. spiegaz. a pag. 33.

Digitized by Google

in un' eclissi, la luna si avanza sul sole, le linee oscure, dapprima rimaste invariate, si fanno alcun poco più intense, poi passano traverso un leggiero illanguidimento; ma nell'istante in cui la luna copre completamente il sole, nello spettro avviene quasi uno scoppio di righe lucenti, che balzan fuori a centinaia e a migliaia lungo tutta la sua estensione dal rosso al violetto. Fenomeno tanto curioso e importante quanto fuggevole, come quello che dura appena due secondi.

Non è consentaneo nè coi nostri studî nè col genere del nostro lavoro seguire passo passo ed esporre i metodi e descrivere gli strumenti coi quali gli scienziati vennero a rilevare sul sole sostanze analoghe a quelle che costituiscono il nostro pianeta. Fra le difficoltà ch' essi dovettero superare in tali determinazioni, grave si fu quella derivata dal sovrapporsi degli spettri di sostanze diverse e dalla necessità di scevrarli, talchè solo con diligentissime e pazienti ricerche fu possibile di orientarsi sicuramente nel labirinto delle linee di Fraunhofer e di giustamente interpretarle (1).

Però già il Kirchhoff, nel 1860, riusciva a riconoscere nel sole la presenza del *sodio*, del *ferro*, del *calcio*, del *magnesio*, del *nichel*, del *bario*, del *rame* e dello *zinco*; ai quali, più tardi, venivano aggiunti il *titanio* e il *cobalto*, il *cromo*, il *manganese*, l'*idrogeno*, il *palladio*, il *vanadio*, il *molibdeno*, lo *stronzio*, il *piombo*, l'*uranio*, l'*alluminio*, il *cerio*, il *cadmio*, e l'*ossigeno* — quest'ultimo sotto due forme diverse.

È probabile ancora che qualche altro elemento terrestre si possa in avvenire aggiungere ai precedenti: l'*indio*, il *litio*, il *rubidio*, il *cerio*, il *bismuto*, lo *stagno*, l'*argento*, il *glucinio*, il *lantanio*, l'*ittrio* od *erbio*, e lo stesso *carbonio*, la presenza del quale è indiziata non già dalla parte visibile, ma sì dalla invisibile ultravioletta dello spettro.

Di recente, alcune fotografie del Draper mostrarono accennare all'esistenza dell'*azoto* nel sole; mentre invece manca il più lieve indizio di presenza in veruna sua parte del *tallio*, del *silicio* (2), del *cloro*, del *bromo* e dell' *iodio*. Molto dubbia è la presenza dello *zolfo*.

Oltre queste sostanze, tutte esistenti sul nostro globo e a noi note, ne apparvero due altre, le cui righe non si possono far coincidere con veruno degli elementi terrestri: una fra esse. l'*elio* del Franckland, spettante alla cromosfera e segnalate da una riga gialla (D) prossima a quelle del sodio (D e D_2); l' altra un elemento coronale; che forma la riga lucida 1474 K dello spettro nella scala di Kirchhoff o 5515 q nella scala di Angstrom, e che erroneamente si volle far corrispondere con una riga delle aurore polari (1).

È una cosa singolare e tale da fermare l' attenzione dei dotti, l' assenza dal sole di molti fra gli elementi che in maggior copia concorrono a costituire la nostra Terra. La presenza di parecchi fra i corpi tellurici farebbe arguire quella degli altri, che forse non è se non dissimulata o perchè essi si trovano, nelle parti più interne del sole, sottratte alle nostre investigazioni, o perchè le speciali condizioni termiche e chimiche dell'astro danno origine a spettri differenti da quelli che i medesimi corpi producono, se esaminati nelle condizioni a noi famigliari. Il Lockyer emise ancora un altra congettura che assai probabilmente scioglie la questione, ed è: che molti dei nostri cosidetti *elementi* appariscano tali solo nelle condizioni termiche alle quali è soggetto il nostro globo, ma cessino di esserlo se sottoposti ad un calore pari a quello del sole, nel cui grembo quindi essi compaiono *dissociati* in molecole semplici, forse corrispondenti a quelli di altri corpi a noi noti (2).

E finalmente, come pare che lo spettroscopio escluda dal sole la esistenza di corpi composti, così esso rivela alcune condizioni fisiche ivi dominanti in una data regione o in un dato momento: stato termico, pressione e vibrazioni o movimenti varî delle molecole.

Parimenti, quanto alle varie parti del sole, esse sembrano di preferenza occupate da sostanze differenti. Così le macchie accennano alla presenza di vapori metallici del ferro, del sodio, del calcio, del magnesio, del titanio, dell'elio (?), mescolati e spesso coperti da masse d'idrogeno; così alcuni fra quei metalli — ferro, sodio, magnesio, calcio, titanio, assieme al manganese, al bario, allo stronzio, forse al cerio ed allo zolfo — si mostrano nella cromosfera, ma specialmente abbondanti nelle prominenze eruttive, appunto perciò chiamate *metalliche*, mentre nelle prominenze tranquille (*idrogeniche*) la parte principale e

(1) V. specialmente Lockyer, *Studî di analisi spettrale*, pag. 219 e seg.; — Young, pag. 85 e seg.

(2) Il Secchi (I, 278) ammette l'esistenza del *silicio* e anche del *potassio* nel sole.

(1) Young, p. 90; — Lockyer, *Analisi spettr.* p. 175.

(2) Young, pag. 240; — Secchi, p. I, pag. 412.

Digitized by Google

quasi esclusiva è esercitata dall'idrogeno e dall' ipotetico elio. E l'idrogeno stesso e il corpo sconosciuto della riga 1474 K paiono diffusi in uno stato di rarefazione straordinaria nella corona, assieme ad una materia nebbiosa o polverulenta suscettibile di riflettere la luce.

Passate così in rassegna sommaria le conquiste speciali che la scienza seppe compiere sul sole, non sarà discara una non meno rapida scorsa intorno alla sua costituzione complessiva. Dalla congettura di un nucleo terreo circondato da due successive atmosfere — la interna vaporosa e somigliante alla terrestre, la esterna splendida o luminosa — congettura da quattro secoli esposta dal cardinale di Çusa (1) e di poco modificata nella essenza da Domenico Cassini, dal Kircher (2) e dal Lahire — ai quali, come poco appresso al Lalande, le macchie apparivano sommità oscure del nucleo interno, — fino a quella espressa dal Wilson nel 1774 ed abbracciata dall'Herschel, corrono trecento anni, durante i quali adunque il concetto della struttura del sole fece ben poco cammino. E lo stesso Wilson dapprima e l'Herschel dappoi continuavano a ritenere l'interno del sole come solido ed opaco, anzi l'Herschel addirittura per abitabile: e il guadagno da loro fatto alla scienza si riduce alla dimostrazione che le macchie sieno squarciamenti o cavità attraverso la fotosfera solare.

È propriamente dall'eclisse del 1842 che comincia una nuova epoca per la storia della costituzione del sole: e quantunque le congetture che l'Arago (3) credette derivare dai fenomeni allora segnalati sieno oggi smesse del tutto, pure, essendo stata allora specialmente richiamata l'attenzione dei dotti e la mira dei nuovi strumenti sulle varie accidentalità solari, ne provennero concetti nuovi e teorie ben altrimenti sicure di quelle. Nemmeno oggi tuttavia ci è permesso di dire nè che il segreto della costituzione del sole sia completamente svelato, nè che gli scienziati sieno comunemente d'accordo nell'interpretarlo, ma le divergenze concernono più i particolari che l'assieme, e l'immenso cammino percorso durante l'ultimo ventennio è guarentigia che la strada è sicura e che la meta non può essere molto lontana.

(1) Humb., *Cosmos*. III, p. 311. 231.
(2) *Mem. degli Spettroscop. ital.* V., 1876, p 135 e tav. LXXII.
(3) *Sur l'eclipse tot. du 8 juillet* 1842 in *Annuaire du Bureau* 1846 — v. spec. a pagg. 461 471

I concetti più diffusi e più autorevoli, che risultano dagli studî del Carrington, del Lockyer, del Secchi, dello Young, del Langley, dello Zöllner, del Faye (1), si potrebbero adunque riassumere come segue (Fig. 69):

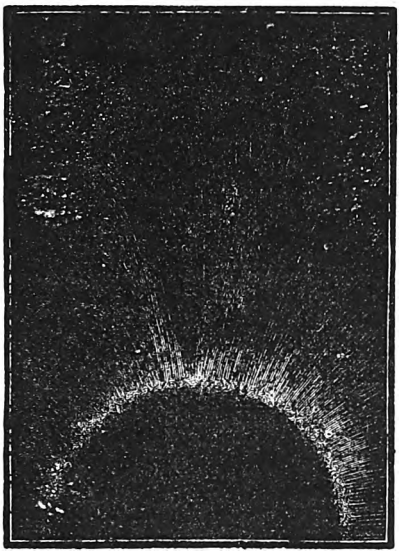


Fig. 69. — Sezione ideale del sole e delle sue varie atmosfere.

1. Il sole è anzitutto costituito di una sfera, della quale noi vediamo soltanto la parte esterna superficiale, la *fotosfera*. Come conseguenza della debole densità, della potente forza di gravità e dell'alta temperatura del sole, la sua parte centrale, fino a breve distanza dalla superficie, deve trovarsi in uno stato critico, nel quale i corpi esistono in massima parte dissociati e incapaci di agire chimicamente gli uni sugli altri. La forte pressione e l'alta temperatura devono determinare in essi un modo di essere paragonabile alla viscosità di alcune sostanze terrestri, senza che un tale stato di semifluidità ne tolga le caratteristiche di gas e specialmente la espansabilità.

2. La *fotosfera* è costituita da nubi di quegli stessi gas interni condensati in grazia del raffreddamento prodotto sia dalla costante irradiazione nello spazio, sia dalla mag-

(1) Vere teorie complete ed esplicatrici della costituzione del sole furono esposte solo da alcuni fra questi scienziati. Noi seguimmo per questo nostro riassunto: Secchi, *Le soleil* ecc.; — Young, *il Sole*, ecc; — Lockyer. *Solar Physik*; — Faye, *Sur la costitution physique du Soleil* (*Ann. du Bur.*, 1873, pag. 443. e 1874, p. 407), e parimenti sullo stesso sogg. un suo recentissimo compendio (*Comptes Rendus de l'Acad.*. Seances du 15 et 29 janv. et 5 fev. 1883, Vol. XCVI., pag. 136, 292, 355); e di più per quasi tutti questi o pel Langley e per lo Zöllner i sunti o le lettere pubblicate dal Newcomb in *Popul. Astron.* da pag. 207 a 315.

Digitized by Google

giore espansione, alla quale devono necessariamente dar luogo correnti di emissione dall'interno all'esterno. Abbiano o no la forma di colonnati, queste correnti di emissione sono costituite principalmente da vapori e forse da particelle metalliche, le quali, raggiunto un certo grado di condensazione, ricadono a guisa di pioggia e di neve solare, o meglio forse di fumo (1), che precipitando produce i solchi oscuri del reticolato fotosferico. A questa regione fotosferica, teatro continuo e agitatissimo di correnti inferiori e superiori, si può assegnare un massimo spessore di 16 o 17 mila chilometri.

3. La fotosfera, com'è noto, spesso viene lacerata dalle *macchie*, che si manifestano quali vere cavità probabilmente prodotte dal precipitare che fanno i vapori metallici e le sostanze più pesanti, capaci di assorbire la luce e quindi, interponendosi fra la fotosfera e l'occhio nostro, di produrre i fenomeni di ombra e di penombra caratteristici delle macchie medesime (2). La zona di maggiore frequenza di questo fenomeno è più lontana dai poli che non dall'equatore e predilige le latitudini che stanno i 10° e i 40°.

Il numero e la estensione delle macchie van pure soggetti ad uno e forse a varî periodi di massima e di minima, generalmente concordanti con una maggiore o minore frequenza delle protuberanze e delle facule, e dei quali il più accertato è quello che si compie in poco più di 11 anni. La forma ciclonica, senza essere necessaria nè consueta, si deve pure ammettere per alcune macchie.

4. La *cromosfera* è in genere lo strato che inverte le linee lucide dello spettro, è una sfera cava di gas non condensato sovrastante alla fotosfera, ma ad essa immediatamente contigua.

(1) Hastings cit. dal Young, pag. 306

(2) Intorno alla natura ed alla costituzione delle macchie esiste tuttora una notevole diversità di vedute fra gli scienziati. Il Kirchhoff, ancora pochi anni sono, le giudicava nubi sovrastanti alla fotosfera, e lo Zöllner tuttora scorie in essa galleggianti. D'altra parte, il Faye sviluppa una teoria del sole basandosi unicamente sopra principî meccanici. Secondo quest'ultimo, il moto rotatorio del sole dando origine ad una velocità diversa dei punti della superficie solare post a varia latitudine, determina necessariamente la formazione di cicloni solari, paragonabili ai terrestri, o meglio ancora ai vortici che si generano nei corsi d'acqua. Tali cicloni solari, l'apertura superiore dei quali costituita dalle macchie è l'unica parte a noi nota, attraggono per aspirazione e poscia conducono lungo il loro proprio asse verticale le materie raffreddate e condensate esteriori, che dapprima in causa del loro potere assorbente producono la relativa oscurità delle macchie, e poscia, raggiunta la base interna della tromba ciclonica e nuovamente riscaldate, prorompono turbinosamente in grandi masse lanciate con varia violenza a formare le protuberanze Le obiezioni principali a questa teoria si notano in *Memorie degli Spettroscopisti italiani*. Palermo. 1873.

Nella sua parte inferiore, e specialmente fra i granuli della fotosfera, si trovano mescolati tutti i gas solari, dai metallici all'*helium* e al gas coronale ignoto, che genera la riga verde 1474 K; ma i gas più densi e meno permanenti si arrestano nel fondo formando lo strato più propriamente invertente, mentre l'idrogeno ed alcune sostanze non bene definite spaziano negli strati superiori.

5. Questa zona invertente viene talvolta investita da correnti ascendenti d'idrogeno, che con istraordinaria velocità trascinano nelle parti superiori della cromosfera ed a notevoli altezze i gas pesanti dei suoi strati inferiori, dando origine alle *protuberanze*, alla formazione delle quali tiene dietro di regola quella delle macchie — colla differenza, che quelle si formano a tutte le latitudini, dando la preferenza però alla regione alla quale si limitano le macchie.

6. Getti così potenti da oltrepassare in pochi minuti i 300 mila chilom. rendono difficile accettare la spiegazione ch'essi sieno provenienti soltanto dalla semplice pressione della fotosfera e fanno pensare o a vere eruzioni prodotte dalle forze interne del sole, o ad una forza ripulsiva quale quella che sembra esercitata dal sole sulle code delle comete, o finalmente a un semplice fenomeno di luminosità, pel quale si rendono ad un tratto visibili sostanze disposte a forti altezze sopra la fotosfera.

7. Al di sopra della cromosfera, per uno spazio difficilmente commensurabile, ma in rari casi avente un'altezza minore di un milione e $^1/_4$ di chilom., si diffonde una materia straordinariamente esile, molto più rarefatta di quanto non sia la nostra atmosfera e in genere i gas a noi noti, e paragonabile per la rarefazione soltanto a quella che costituisce le code delle comete, la luce boreale, la luce zodiacale, colle quali però non ha altre comunanze di caratteri.

Tale involucro, cha chiamammo *corona* od *atmosfera coronale,* dotato e di luce propria e di luce riflessa, è in gran parte costituito da idrogeno e da altre sostanze gazose ignote alla scienza — e la sua figura, di consueto quadrangolare, presenta delle irregolarità singolari e inesplicabili.

8. Rimettendo alle pagine seguenti il trattare di proposito intorno al calore e all'attività esteriore del sole, diremo solo doversi ritenere che il calore solare vada sempre crescendo dalle parti esterne alle interne e quindi

Digitized by Google

già nelle fotosferiche e a maggior ragione nel grembo interiore del sole si possa reputare capace di mantenere dissociate tutte le sostanze a noi note. Il contrasto del calore colla pressione, la rotazione intorno ad un asse, la contrazione probabile della massa del sole prodotta dalla continua dispersione delle sue forze, l'eventuale caduta sovr' esso di materie celesti, e forse l'azione planetaria, danno origine ad una costante circolazione della sua materia, circolazione che si manifesta coi numerosi fenomeni da noi già passati in rassegna.

Vedemmo che unico intermediario tra gli astri e noi è la luce, divino messaggero, che da solo ci rivela una intera scienza. La catena che ci lega col sole è molteplice e la stessa unica forza per la quale il nostro globo forma un sistema indissolubile con esso e coi varî pianeti, si trasmette a noi sotto forme meccaniche, tanto quanto termiche, luminose chimiche, magnetiche e forse elettriche (1). Le prime si palesano col moto, le altre con isvariati fenomeni, fra i quali la vita che ingenerano nei mondi planetari, e che come da prima origine deriva dall'astro dal quale dipende l'intero sistema.

Coll'unificazione, che la scienza ha ormai fatto delle forze singole, riducendole a manifestazioni diverse di una forza sola, una distinzione vera e fondamentale fra radiazioni luminose, termiche e chimiche non ha più ragione di essere, se non per agevolare l'intendimento della trattazione con frasi che hanno un valore di convenzione inteso da tutti.

Le radiazioni luminose emesse da un corpo consistono in vibrazioni successive, che con velocità straordinaria e pur misurabile si trasmettono attraverso lo spazio. Di queste vibrazioni, quelle che stanno fra certi limiti di rapidità sono percepibili per l'occhio umano e danno quindi origine ai raggi visibili.

La minima rapidità di tali raggi visibili è di 390 bilioni, la massima di 770 bilioni di vibrazioni al secondo (1), in modo che, essendo la rapidità di vibrazione in rapporto coi colori spettrali, i raggi a vibrazioni più lente son quelli delle parti rosse o mene rifrangibili dello spettro; i più rapidi, quelli delle parti violette.

Ma, di là dai limiti segnati dal rosso e dal violetto, la radiazione prosegue tuttora, e anche se la pupilla umana non ha potenza di percepirla, i raggi invisibili ultra-rossi ed ultra-violetti si fanno palesi, quelli con fenomeni termici, questi con fenomeni fisici e chimici, — non ultimo dei modi coi quali si manifesta svariata l'azione esercitata dal sole tutto intorno a sè, e quindi, ciò che per noi maggiormente interessa, anche sul nostro globo.

Il sole anzitutto è la più intensa sorgente di luce che noi conosciamo. Per giudicarla, la si raffrontò con altre fonti luminose e naturali ed artificiali, ma con risultati non del tutto soddisfacenti. Paragonata a quella della luna piena, apparve:

al Bouguer	nel	1725	300,000	volte	maggiore
all'Eulero	»	1750	374,000	»	»
al Wollaston	»	1829	801,072	»	»
» Bond	»	1861	470,980	»	»
allo Zöllner	»	1865	618,000	»	»

Quindi, per quest'ultimo, supererebbe di 5 miliardi di volte la luce di Giove e di 55 miliardi quella della Capra.

Ma i confronti colle sorgenti naturali di luce, quali sono gli astri, s'incontrano in una prima difficoltà: quella, che i due splendori che vanno confrontati non si possono paragonare direttamente e contemporaneamente.

Questo si potè però fare colle luci artificiali, projettando con acconci preparativi la luce del sole o di una porzione di esso assieme a quella delle sorgenti luminose di paragone sopra determinati schermagli. Supposto quindi il sole allo zenit, la sua luce al Bouger apparve uguale a 75,000 e al Wollaston uguale a 68,000 candele (2) (nu-

(1) YOUNG, *Il sole* ecc., pag. 250 e seg.; — SECCHI *Le Soleil*, II, pag. 227 e 299; — ROSSETTI, opusc. cit.; — *Annuario scient. ed industr.* Anno VII., 1870, pag. 21; — VOLPICELLI, *Sulla distribuzione del calorico nell'apparente disco del sole* in *Atti dell'Acc. dei R. Lincei*, Ser. II., vol. II, 1874-75, pag. 653 (con ricca bibliogr. della questione); — NEWCOMB, op. cit., pag. 270; — GUILLEMIN, *Le Soleil*, pag 8; — VIOLLE, *Memoire sur la temperature moyenne du Soleil* in *Annales de Chemie et de Phisique*, 5 Serie, Vol. X. 1877, p 289; — HUMB., *Cosmos*, III., p. 315; — HAHN D. F. G., *Ueber die Beziehungen der sonnenflecken Periode zu meteorologischen Erscheinungen* Leipzig. Engelmann, 1877; — LOCKYER, *Solar Physic*, pag. 424.; — FAYE, *Sur la méthéorol cosmique* in *Ann. du bureau des long.*, 1878, pag. 607; — MOTTESSIER M., *La lumière*. Paris. Hachette, 1876.

(1) YOUNG, p. 262: secondo lo SCHELLEN *(Die spectralanalyse* etc., Braunschweig, 1883, I Bd., p. 196) i numeri delle vibrazioni corrispondenti ai raggi estremi dello spettro sarebbero: per la riga B, 428 bilioni, per la riga H, 768 bilioni.

(2) In Inghilterra si è adottato come unità di misura fotometrica il potere illuminante di una candela di spermaceti pesante $\frac{1}{6}$ di libbra inglese (*avoirdupois*), cioè 76 grammi e che brucia 120 *grains*, cioè 63 grammi di combustibile in un'ora.

I francesi preferiscono quale unità fotometrica la lampada Carcel (che brucia 42 grammi d'olio all'ora) pari a circa 9 candele steariche. Si avverta ancora che una fiamma di gas detta *farfalla* (*papillon*) che consumi circa $\frac{1}{2}$ me-

Digitized by Google

mero più tardi portato a 70,000 e generalmente adottato) poste ad un metro di distanza dall'oggetto illuminato. Siccome poi il sole è distante da noi quasi 150 milioni di chil., e la intensità della luce decresce in ragione dei quadrati delle distanze interposte tra la fonte luminosa e l'oggetto illuminato, così la quantità totale della luce solare sarà data dal numero 70 mila, moltiplicato per quella distanza già elevata alla seconda potenza, vale a dire sarà ragguagliata a candele tipiche

1575,000,000,000,000,000,000,000,000,

cioè a 1575 quadrilioni di candele.

Veramente la incertezza esistente intorno al valore dei campioni fotometrici consiglia d'attribuire anche a questa cifra un valore di semplice e larga approssimazione.

Il rapporto ora esposto riguarda il cosiddetto *potere illuminante* del sole; ma la sua luce può essere considerata anche per quanto riguarda il suo *splendore intrinseco*.

Il potere illuminante è la quantità di luce emessa dal sole senza badare alla estensione occupata dalla sorgente luminosa che la emette. Ora, data una sorgente luminosa perfettamente pari in superficie ad un'altra, si vedrà nondimeno una differenza fra la intensità luminosa delle due luci. È questo rapporto che costituisce lo *splendore intrinseco* delle due sorgenti luminose. Per es., la fiamma di una candela occupa una superficie visibile estesa circa 180 mm. q. Se la portiamo alla distanza di un metro dal nostro occhio, essa copre colla propria superficie uno spazio di cielo più vasto di quello che occupa il sole. Poco sopra dicemmo che il sole splende come 70,000 candele alla distanza di un metro. Adesso tuttavia riesce evidente che se noi limitiamo le dimensioni della fiamma di una candela in modo da eguagliare l'estensione apparente del sole, essa non si mostrerà splendida di una quantità pari ad $^1/_{70000}$ dello splendore solare, ma di una quantità certamente minore. Quindi, perchè i due splendori sieno confrontabili e per poter ottenerne un ragguaglio, è necessario portare la candela ad una tale distanza dal nostro occhio, nella quale la sua superficie eguagli quella apparente del sole, ovvero, ridotta a forma circolare, sottenda un angolo di circa $^1/_2$ grado (32′ 4″). Tale distanza sarà, suppergiù, di 1.^{m} 65 (1): e siccome a quella distanza saranno necessarie non meno di 190,000 candele per eguagliare la luce del sole, la cifra 190,000 esprimerà

tro cubo di gas all'ora vale da 12-16 candelo. *La luce Drumond* od *ossidrica* (che si ottiene projettando sopra un frammento di calcio una miscela di ossigeno e di idrogeno) vale da 160-180 candele; un filo di magnesio di 0. 3mm. equivale a 74 candele nell'aria libera, a 110 nell'ossigeno; l'arco voltaico ottenuto da una pila ad acido azotico da 50-100 coppie può andare da 400 a 1000 candele.

(1) Sec. il Young, pag. 225. M. 1.73 sec. il Becquerel in GUILLEMIN, *le Soleil*, p. 11.

approssimativamente in candele lo *splendore intrinseco* della luce solare.

Tale splendore intrinseco si può più facilmente ragguagliare alla luce del calcio, che ne va superata soltanto di 146 volte, e a quella della luce elettrica che lo è forse di sole 3 o 4 volte, mentre quella che emana da qualsiasi dei metalli in fusione ne resta di gran lunga sorpassata.

Rimettendo alla parte metereologica la trattazione dei differenti effetti ch'essa produce e della differente misura secondo la quale la luce del sole si palesa sul globo grazie alla nostra atmosfera, dobbiamo adesso rivolgere per un momento la nostra attenzione ad un altro problema: a quello, cioè, che riguarda il potere luminoso delle varie parti del sole. Ora, non v'è dubbio che il centro del disco solare sia più splendido dei suoi lembi. Questo fatto era stato avvertito da Bouguer un secolo e mezzo fa, e venne recentemente confermato dal Secchi, dal Pickering e dal Vogel.

Secondo il Bouguer, supposta uguale a 100 la radiazione luminosa del centro, a $^3/_4$ del raggio essa sarebbe paragonabile solo a 73 e, secondo il Pickering, a 79; mentre seguendo le ricerche del Secchi, presso l'orlo sarebbe già ridotta appena a 25 o a 30, numero pressapoco confermato dal Pickering (1). All'orlo estremo poi il Secchi discende a stimare il potere emissivo del sole appena a 0.04 di quello del centro apparente del disco.

Questa diminuzione, che si manifesta vera anche pei raggi chimici e termici (2) nell'andamento generale, quantunque in misura diversa sì per essi come anche per i raggi di diversi colori, è molto evidentemente causata dall'assorbimento parziale della radiazione, prodotto dall'atmosfera solare. I raggi che ci provengono dal centro del disco del sole traversano quest'atmosfera nel senso del suo spessore minimo, mentre quelli che provengono dall'orlo la traversano per un tratto parecchie volte più lungo (Fig. 70) (3). I calcoli finora eseguiti per misurare l'assorbimento totale della luce prodotto dall'atmosfera solare sono appoggiati a basi troppo ipotetiche per avere un vero ed assoluto valore. Questo però fin da ora si può accertare: che se il sole venisse spogliato completamente del suo involucro atmosferico, la sua radia-

(1) V. Prospetto XIII.
(2) » » suddetto.
(3) » » sudd., nonchè a p. 258 dello Young

Digitized by Google

zione luminosa sarebbe di molte volte aumentata — e siccome il Langley ha riscontrato prevalere nel centro i raggi azzurri, e lungo i lembi (appunto per l'assorbimento e analogamente a quanto succede nelle aurore

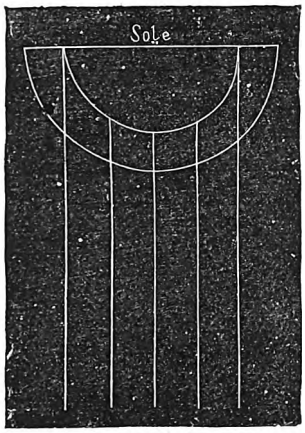


Fig. 70. — Diverso assorbimento della radiazione prodotto dall'atmosfera.

e nei tramonti sul globo) i raggi rossi, in questo caso la luce solare muterebbe di colore ed acquisterebbe una tinta assai più azzurra di quella che ha presentemente.

Ma se il problema del potere luminoso del sole ci appare complicato e difficile, non lo è meno quello della sua temperatura. Intanto, essa non può essere data dalla semplice lettura di un termometro, perchè le divisioni della scala spettante a questo strumento sono convenzionali, e per giunta il termometro resta influenzato da varie cause perturbatrici, non ultime le radiazioni circostanti e l'assorbimento da parte dell'atmosfera terrestre.

Quanto conosciamo del sole è sufficiente per farci ritenere enorme la sua potenza calorifera. Però a questo proposito, come già a riguardo della luce, due sono le questioni che sorgono e le incognite che si cercano. Da un lato, si vuol conoscere quale sia la *intensità* effettiva della radiazione termica solare; dall'altro, quale la *quantità* assoluta di calore che il sole comunica alla Terra in un tempo determinato.

Sul primo elemento, che corrisponde alla temperatura reale del sole, regna il più completo disaccordo tra gli scienziati, sì fisici come astronomi, nè forse la scienza presenta un altro soggetto in cui le disparità di opinione sieno così rilevanti come in questo. A conforto di questa asserzione valga la tabella seguente, nella quale abbiam raccolto i valori da varî scenziati attribuiti alla temperatura del sole ed espressi in gradi del centigrado·

Newton (1680 c.a)		1,669,000
Secchi, nei primi suoi lavori (1851)		5,345,000
» più tardi (1876)	da 1 a	2,000,000
Waterston		10,000,000
Ericson (1875)	da 2,250,000 a	2,726,700
Pouillet (1830)		1,461
Vicaire (1832)		1,398
Violle (1875)	da 1500 a	2,000
Claire Deville		2,500
Zöllner (1870), nell'atmosfera solare		27.700
nella fotosfera, a seconda del getto delle protuberanze	da 68,000 a	74,900
Spörer (1872)		27,000
Soret		126,000
Fizeau	da 4000 a	7,500
Rossetti (1878)	da 9-10,000 e non superiore a	20,000

Sì gravi discordanze, già primo indizio della difficoltà del problema, provengono anzitutto dai metodi diversi coi quali si credette di tentarne la soluzione. Le principali correnti scientifiche, che si contendono il campo sul soggetto della temperatura del sole, si possono ridurre a due: una costituita da quei dotti (il Secchi in primissima linea) che vollero estendere anche per grandi distanze e per altissime temperature l'applicazione della formula neutoniana (1) intorno alla emissione del calore e alta teoria del raffreddamento, formula valevole fino a che fra il corpo in questione e l'ambiente non vi sia una differenza di temperatura supe-

(1) La quale si può esprimere così. *Il calore acquistato o perduto in un tempo assai breve da un corpo che si va riscaldando o raffreddando, sta in ragione diretta semplice della sua area ed è proporzionale alla differenza tra la temperatura sua e quella dell'ambiente.*

Digitized by Google

riore a 20°; — l'altra costituita da quelli (il Pouillet, il Vicaire, il Violle ecc.) che alla formula del Newton preferiscono quella del Dulong e del Petit, desunta da sperimenti compresi fra 0° e 240° (1). Per quanto si sieno moltiplicate l'esperienze, alcune delle quali, per evitare le influenze perturbatrici dell'atmosfera terrestre, s'istituirono (come quella del Violle compiuta sul monte Bianco a' 16 aprile 1875) al limite suo praticabile; per quanto si sieno escogitati nuovi strumenti misuratori delle differenze tra la temperatura di un corpo esposto e di un altro abilmente sottratto alla influenza della irradiazione solare, è certo che finora l'accordo è tutt' altro che raggiunto, nè v'è indizio si stia per raggiungerlo. È vero ancora che quelle enormi temperature di 10 o di 5 od anche di un solo milione di gradi, per noi si presentano come un valore che trascende i limiti della comprensibilità, ma d'altra parte riesce meno comprensibile ancora come possa venire assegnata al sole una temperatura di soli 1500 o 2000 gradi, quando si tenga conto che una delle nostre candele comuni, ardendo, produce già una temperatura di 1200°, e che le nostre officine sanno creare delle temperature di 3000° (2); quando si pensi ancora che una semplice concentrazione dei raggi luminosi solari prodotta da una lente ad una distanza di 150 milioni di chil., ci permette di volatilizzare in poco tempo il maggior numero delle sostanze più refrattarie da noi conosciute (3).

Nel citato disaccordo però va rilevato come due fra le ultime determinazioni — quella dello Zöllner, che fissa la temperatura della fotosfera a circa 28000 gradi, e quella del Rossetti, che le attribuisce un valore non inferiore a 10000 e non superiore a 20000° — presentino delle differenze relativamente basse, pur essendo ricavate con metodi differentissimi, dacchè lo Zöllner dedusse i suoi numeri da osservazioni spettroscopiche sulla velocità di emissione dei gas durante le eruzioni solari, e il Rossetti da una formula esprimente la intensità di raggiamento di un corpo incandescente, formula comprovata con diligentissimi sperimenti diretti ed estesi fino a 2000°. Siccome poi lo Zöllner parte da ipotesi, intorno la costituzione del sole, che non trovano finora grande favore tra i dotti, se adesso si dovesse adottare un valore rappresentante la temperatura del sole, quello che, pur con grandissima riserva, si dovrebbe preferire, sarebbe appunto quello ricavato dal Rossetti.

Più facile si presenta la soluzione del problema che concerne quanta parte del calore solare venga ricevuta dalla Terra. A noi è possibile misurare l'aumento di temperatura che un fascio di raggi solari produce, durante un dato tempo, in una determinata quantità di materia di cui si conosca il calore specifico (1). Dobbiamo altresì alle ricerche compiute da Giovanni Herschel nel 1833 durante la sua dimora al capo di buona speranza ed a quelle posteriori (1838) istituite dal Pouillet, ed all'*actinometro* di quegli e al *pireliometro* di questo, se ottenemmo le prime determinazioni della *costante solare*, cioè della quantità di calore che la Terra riceve dal sole. Secondo le esperienze del Pouillet, al limite superiore della nostra atmosfera la radiazione solare in *un* minuto di tempo sarebbe sufficiente ad innalzare di 1°.763 la temperatura di *un* grammo d'acqua distribuita sopra *un* centimetro quadrato di superficie, o in altre parole, la quantità di calore che ad ogni minuto di tempo arriva sopra un centimetro quadrato d'acqua, che s'imagini posta al limite superiore dell'atmosfera, si può ragguagliare a 1.763 *piccole calorie*, o a 17.63 *grandi calorie*, se si estenda la superficie ad *un*

(1) La formula di Dulong e Zetit si può esprimere così: *La quantità di calore irradiata da un corpo in un dato tempo cresce in una ragione più rapida della ragione semplice delle differenze tra la la sua temperatura e quella dei corpi circostanti.*

(2) Per fondere il rame, il ferro dolce e il platino si richiedono temperature di 1050, di 1500 e di 1700 gradi, facilmente raggiungibili anche nei crogiuoli comuni.

(3) L'effetto di una lente si riduce a portare virtualmente un dato oggetto ad una distanza dal sole due, quattro, dieci volte minore di quella che in realtà non sia. Le lenti più efficaci che l'industria umana finora abbia saputo costruire e che arrivano a fondere anzi a volatizzare il platino, l'argilla e lo stesso diamante agiscono soltanto come portassero l'oggetto a 400 mila chil. dal sole. Ora gli effetti di fusione e di volatilizzazione delle sostanze accennate esigono l'azione di temperature ragguagliate a 2 o 3000 gradi, e se a tanto si possono valutare gli effetti del sole a 400,000 chil. di distanza, è logico arguire una temperatura ben più elevata alla sua superficie e nel suo grembo.

(1) È noto come la stessa quantità di calore non innalzi di egual numero di gradi la temperatura di differenti corpi a masse eguali.

Dicesi quindi *capacità calorifica* o *calore specifico* o *caloricità specifica* di una sostanza il rapporto tra la quantità di calore voluta per aumentare di 1.° la temperatura dell'unità di massa di tal sostanza e la corrispondente quantità necessaria a produrre lo stesso effetto nell' acqua pura; ovvero il numero di calorie richiesto a scaldare di 1.° l'unità di peso di quella data sostanza. Poniamo, per es., di mescolare un chilgr. di mercurio a 100° con un chilgr. d'acqua a 0°. La temperatura della mescolanza risulterà di circa 3° soltanto. Ciò significa che per innalzare di soli 3.° la temperatura di una massa d'acqua è stato necessario che una massa eguale di mercurio perdesse un numero di gradi circa 32 volte maggiore. Quindi il calor specifico del mercurio si giudica circa 0.033 quello dell'acqua

Digitized by Google

metro quadrato (1), cioè si consideri una estensione 10 mila volte maggiore. Per ottenere la quantità di calore ricevuta dalla intiera superficie terrestre nello stesso tempo, si deve riflettere che la Terra si può considerare come immersa in un cono di radiazione termica, e che la superficie totale riscaldata corrisponde ad ogni istante appunto alla sezione di un cono immaginario circoscritto alla Terra ed al sole e quindi suppergiù a quella racchiusa da un circolo meridiano. La superficie della sfera terrestre però realmente è quadrupla di quella che presenta la superficie di un meridiano, e quindi in *un* minuto di tempo uno strato d'acqua dello spessore di *un* centimetro e diffuso su tutto il globo non riceverebbe se non l'aumento di $\frac{1.763}{4} = 0.44075$ piccole calorie, moltiplicate per i 510 milioni di chilometri quadrati, che rappresentano la superficie terrestre. Ne viene che l'intero nostro globo riceve ad ogni minuto suppergiù

2,250,000,000,000,000,000,

cioè 2 trilioni e $^1/_4$ di piccole calorie, cifra che bisognerebbe ancora moltiplicare per 525,960, cioè per il numero dei minuti compresi in un anno, per sapere la quantità di calore che la Terra riceve in tale spazio di tempo. Tale quantità di calore sarebbe rappresentata da non meno di 1180 trilioni di grandi calorie.

Non è facile comprendere il valore di una simile cifra. Riesce forse un po' più comprensibile il dire ch' essa corrisponde a circa 23 miliardi di calorie per ettaro, quantità di calore tale, che, ridotta in forza meccanica, non potrebbe essere sostituita se non dal lavoro incessante di 4163 cavalli-vapore (2). Il Pouillet espresse ancora in una forma più accessibile la quantità di calore che la Terra riceve dal sole in un anno, accennando come essa, se fosse impiegata, senza perdita alcuna, a sciogliere del ghiaccio, sarebbe capace di fonderne uno strato che inviluppasse tutto in giro il globo terrestre e che avesse lo spessore di $30^m.89$ cioè di quasi 31 metri.

Si avverta poi che la quantità $1°.763$ trovata dal Pouillet, e di cui parlammo, adesso dopo le ultime ricerche, si deve ritenere come un valore minimo della *costante solare,* la quale dal Forbes è considerata pari a 2.82, dal Crova e dal Viollet oscillante fra 2.32 e 2.45 calorie per centimetro quadrato, sempre inteso ricevute al limite superiore dell'atmosfera. Sostituendo ques'ultima cifra di 2.45 calorie al valore adottato dal Pouillet, tutti i valori da noi antecedentemente offerti andrebbero aumentati di circa una terza parte tanto che, per es., volendo ridurne uno solo, le grandi calorie ricevute da ogni ettaro di superficie non sarebbero meno di 32 o 33 miliardi all'anno.

È questa una trasmissione colossale, enorme, che anzitutto va spesa in gran parte a mantenere costante la temperatura del globo poi per una frazione non trascurabile, — cioè, secondo l'Helmholtz, non inferiore ad $^1/_{1000}$, — impiegata a mantenere la vita animale o vegetale e immaganizzata nei depositi carboniferi, e finalmente in una porzione considerevole potrebbe, anche senza passare pel tramite degli organismi vegetali, essere direttamente usata nelle industrie (1).

Il modo, secondo il quale questa ingente quantità di calore è ripartita sulla nostra Terra forma oggetto di studio per la meteorologia. Quanto però immediatamente colpisce il pensiero, è ch'essa non rappresenta se non una porzione enormemente esigua del calore emesso dal sole, cioè quella piccola quantità che viene intercettata dallo spazio terrestre. Poniamo adunque che con raggio eguale alla distanza del sole da noi si costruisca una grande sfera cava col sole nel centro: in tal caso, e siccome questo corpo irradia egualmente da ogni parte, tutta la superficie di tale sfera riceverà precisamente altrettanto calore quanto ne riceve la Terra. Ma di tale superficie essa non occupa se non una parte estremamente piccola, ragguagliabile appena ad $\frac{1}{2.150.000,000}$ della stessa; quindi alla distanza unitaria dalla Terra al sole, perviene ancora una quantità di calore oltre 2 miliardi di volte maggiore di quello ricevuto dal nostro pianeta.

Adesso sarebbe d' uopo moltiplicare per questa cifra i 2 trilioni e $^1/_4$ di piccole calorie, che, come abbiam detto, la Terra riceve dal

(1) Per *caloria* od *unità di calore* s'intende la quantità di calore necessaria per inalzare da 0 ad 1.° la temperatura di *un* chilogr. d'acqua pura. Questa è la *grande caloria*, che equivale a mille piccole calorie.

(2) Un *cavallo-vapore* rappresenta il lavoro meccanico necessario per elevare 75 chilogrammi di peso ad *un* metro di altezza in *un* minuto secondo.

(1) Ad ottenere il quale scopo attendono già da alcuni anni il Pifre e il Mouchot in Francia, nonchè l'Ericson in America. Vedi in proposito *Ann. scientif. ed industr.*, Anno XIV. 1877, p. 1048; XV. 1878, pag. 987, ecc.; *l'Esplorazione* (Dir. Licata e Borsari, Anno I, Vol 1°, Fasc. 1°, pag. 7, Napoli, 1883).

Digitized by Google

sole ad ogni minuto, per sapere quelle che nel tempo stesso sarebbero ricevute dalla sfera cava ora accennata. Tralasciando di correre dietro a cifre che per la loro stessa imponenza diventano sempre più incomprensibili, diremo che il Pouillet, l'Herschel, il Tyndall e di recente Guglielmo Thomson cercarono di esprimere tali quantità enormi di calore cogli effetti che esse produrebbero qualora si potesse utilizzarne la forza. Quindi, accettato il valore minimo dal primo dei suddetti scienziati attribuito alla costante solare, la quantità di calore emessa dal sole sembrerebbe sufficiente a fondere in un minuto uno strato di ghiaccio dello spessore di 11.m80 che involgesse tutta la superficie del sole. E secondo l'Herschel, se si potesse costruire un cilindro di ghiaccio del diametro di 72 chilom. e lo si slanciasse colla rapidità della luce contro il sole, ammettendo che questo potesse concentrare contro il proiettile così lanciato tutto il suo calore, e che l'acqua fusa venisse tosto levata via, la rapidità della fusione sarebbe tale che la testa della colonna non arriverebbe solida a dar di cozzo nell'astro.

Ancora: per produrre altrimenti mediante la combustione una pari quantità di calore sarebbe mestieri di abbruciare ad ogni ora uno strato di carbon fossile grosso 5 metri su tutta la superficie del sole, il che verrebbe a corrispondere a 10 tonellate per ora sopra ciascun metro quadrato dell'area del sole ed al conseguente sviluppo di una forza di 90,000 cavalli sulla stessa unità di estensione, — consumo decuplo di quello delle nostre più potenti fornaci, e sviluppo di forza 20 volte maggiore di quella delle grandiose macchine a vapore destinate a muovere i colossi del *Duilio* o dell'*Italia*.

Come per la luce, anche pel calore la superficie del sole non mostra possedere in tutte le sue parti la medesima efficacia.

Già vedemmo (1) come la sua parte più luminosa sia quella che appare situata nel centro del disco — la parte meno luminosa quella più prossima agli orli: la medesima cosa avviene per la radiazione calorifera, la quale però diminuisce secondo una ragione meno rapida della radiazione luminosa e in modo da conservare ancora all'estremità dell'orlo una metà della forza irradiante termica centrale, mentre la luminosa è ridotta ad $^1/_5$.

Ciò mostra che il potere assorbente dell'atmosfera del sole è pure notevolissimo anche pel calore. Il Secchi arriva a stimarlo capace di ritenere non meno dell'88 per cento del calore che l'astro produce — il che vorrebbe dire che se si spogliasse il sole della sua atmosfera, esso diventerebbe 8 volte più caldo ed almeno altrettante volte più brillante che adesso non sia.

Ma il Secchi (1) credette di riscontrare nelle diverse parti del sole delle altre differenze di potere calorifero: e, cioè, più calda la regione equatoriale confrontata con quelle a più alta latitudine; alquanto più caldo uno (il settentrionale) dei due emisferi solari a confronto dell'altro. Le posteriori osservazioni specialmente del Langley, non confermarono nè l'una nè l'altra delle conclusioni alle quali era pervenuto il compianto astronomo italiano.

Invece sembra accertato che le macchie, come irradiano minor luce, così irradiano minor calore che non le altre parti del sole, e cioè specialmente le facole e in genere le porzioni brillanti della fotosfera. Secondo il Langley supposto eguale ad 1.00 il calore emesso dalle regioni circostanti della superficie solare, quello delle macchie sarebbe eguale nel nucleo a 0.55 e nella penombra a 0.88. Diminuzioni entrambe considerevoli, ma non tuttavia tali da produrre degli effetti potenti sulla somma della temperatura del sole stante la piccolissima estensione che occupano le macchie sulla sua superficie (2). Considerate le epoche di massimi e di minimi delle macchie siffatta differenza non arriverebbe a far variare la temperatura terrestre, durante un tale periodo, di una quantità superiore ad *un* decimo di grado del termometro centigrado (3).

A primo aspetto parrebbe molto ragionevole un legame tra le macchie solari e alcuni fenomeni meteorologici terrestri e primo fra tutti quello della temperatura, in modo che si manifestasse un andamento corrispondente di accrescimento e di diminuzione nei periodi delle une e degli altri. Questa idea,

(1) **Prospetto XIII** e pag. 74.

(1) Le ricerche compiute dal Secchi su questo soggetto furono tema di varie memorie e di polemiche diverse svolte negli *Atti dell'Acad. dei R. Lincei*, nelle *Mem. dell'osservat. romano*, nei *Comptes Rendus de l'Acad. de France* e altrove. Vedasi la bibliografia riassunta nella nota del Volpicelli citata da noi a pagina 73 in nota. Il Secchi riassunse poi quasi tutti i lavori precedenti in *Soleil*, I, pag 196.

(2) La estensione occupata dalle macchie durante un periodo di minima può oscillare tra 21 e 56 milionesimi, e durante un periodo di massima tra 1 millesimo e 4 diecimillesimi della superficie visibile del sole.

(3) FAYE. *Sur la météorologie cosmique*, in *Ann. du Bureau des long.* Parigi 1878, pag. 654.

Digitized by Google

già nel secolo XVII balenata al Baliani (1) e al Riccioli (2), che reputavano un minimo di macchie dovesse corrispondere ad un innalzamento nella temperatura terrestre, passò anche per la mente di altri, fino all'Herschel, il quale, al contrario, era d'avviso che l'abbondanza di macchie, segnando un aumento nell'attività del sole, dovesse produrre un analogo rialzo di temperatura sul globo. Per dimostrar ciò, egli pose a riscontro, e veramente con risultati dubbî o negativi, gli anni scarsi di macchie con quelli di massimo prezzo dei cereali, i quali, secondo lui, doveano corrispondere ad anni generalmente freddi (3). La questione, di un'importanza grandissima per la meteorologia terrestre, fu poi lungamente agitata, sì che oggi può vantare un'intera bibliografia (4). Nello stadio presente, tuttavia, non si può ritenere sciolta e nemmeno prossima ad esserlo in via definitiva. Questo solo si può affermare: esservi una maggiore probabilità che gli anni di massima delle macchie solari corrispondano ad una serie di anni freddi, e che quelli di minima corrispondano ad una serie di anni caldi, piuttostochè l'inverso (5).

Sulla relazione notata fra l'apparizione delle macchie solari ed alcuni altri fatti meteorologici terrestri — pioggie, nubilosità, tempeste e fenomeni magnetici — avremo forse occasione di portare nuovamente la nostra attenzione.

Tornando quindi un momento alla temperatura del sole, aggiungeremo ch'essa ad alcuni osservatori parve diversa anche secondo i diversi meridiani, tanto che si volle arguirne un periodo nella stessa rotazione solare, determinabile anche col solo mezzo delle oscillazioni nelle medie temperature diurne. Ma quantunque le durate di 25 giorni 8 ore e 25 giorni 19 ore, che da relativi calcoli risultarono al Nervander al Buis Ballot, non differiscano molto dal valore più accreditato che accettammo per esprimere la rotazione dell'astro, gli studi posteriori non confermarono per nulla quelle supposizioni (6).

(1) Humboldt, *Cosm.*, III, 315.
(2) Hann, op. cit., pag. 17,
(3) *Philos. transactions for* 1801, P. II., p. 310-316. Vedi anche il diagramma dell'Herschel, pubbl. in Faye. *Sur la météor.* ecc. pag. 646, e prolungato fino agli ultimi anni da noi unito ad altre curve nella Fig. 71. parte superiore. Di recente, anche il Jevons in America tentò di fissare una relazione fra le macchie solari e le crisi commerciali.
(4) La quale fu trattata completamente dal Wolf. *Literature über Sonnenflecken*, spec. n.° 158 delle sue *Astron. Mittheilungen.*
(5) Young, pag. 167; Hann, pag. 172.
(6) Houzeau, pag. 415; Hann, p. 21.

La radiazione del sole non si limita, come vedemmo, agli effetti luminosi e calorifici, ma arriva a produrre sopra un gran numero di sostanze tali modificazioni che ne alterano completamente la natura (1). Molte sostanze colorate esposte al sole, tutta intiera l'arte fotografica, e molti fenomeni biologici forniscono numerose e quotidiane testimonianze del potere chimico dei raggi solari. Però corse poco più di un secolo dacchè questo modo d'agire della radiazione solare fu messo in evidenza dallo Scheele, in seguito all'esame del fatto che il cloruro d'argento, esposto alla luce del sole, assume una tinta oscura. Allora pure si cominciò a notare come non tutti i raggi dello spettro presentino la stessa azione chimica, e come questa sia minima nella regione del rosso, massima in quella del violetto, oltre la quale v'è ancora una zona di raggi invisibili e pur capaci di produrre alterazioni chimiche sulle sostanze su cui cadono.

Per quanto poi anche l'azione chimica possa, come il calore, essere considerata un'azione meccanica e quindi essere misurata, la sua valutazione presenta, oltre lo solito, una difficoltà peculiare. Le cause esteriori non creano l'azione chimica, ma solo determinano lo svolgimento dell'attività chimica nelle molecole interne dei corpi esposti a quelle cause. È quindi sommamente difficile, in un fenomeno chimico prodotto dalla irradiazione solare, valutare quanta parte si debba attribuire a questa, e quanta alla maggiore o minore attitudine della sostanza a subirne gli effetti.

Va aggiunto, che una frazione notevolissima delle radiazioni chimiche, almeno i $^3/_5$, viene assorbita dall'atmosfera terrestre, e in modo assai più forte nelle alte che nelle basse latitudini del globo.

Volendo quindi esprimere in una forma accessibile quale sia il valore della radiazione solare, il Bunsen ed il Roscoe credettero di servirsi, per un esempio, di una combinazione chimica abbastanza nota, quella dell'idrogeno col cloro. Secondo il loro computo, tutta l'energia chimica che giunge dal sole alla Terra sarebbe sufficiente per produrre in un minuto la combinazione di $4\,^1/_2$ milioni di chilom. cubici di una miscela formata di cloro e d'idrogeno, ovvero di uno strato delle due sostanze alto 35 metri e disteso sopra una base circolare avente il diametro terrestre.

(1) Secchi, *Le soleil*, II, p. 323; — Guillemin, *Le soleil*, pag. 39; — *Annuario scientif. ed industr.* Anno XIV, 1877, pag. 104; Anno XV., 1878, pag. 208; Anno XVII, 1880, pag. 126.

Digitized by Google

terrestre. Avendo veduto che tale circolo occuperebbe solo una piccolissima $\left(\frac{1}{2,150,000.000}\right)$ parte della sfera celeste costruita col raggio dell'orbita terrestre, tutta l'attività chimica del sole non si può ritenere inferiore a quella che occorre per produrre la combinazione di 10 mila bilioni di chilom. cubici delle due sostanze accennate.

È naturale che una parte notevole della energia chimica del sole vada assorbita dalla sua stessa atmosfera; anzi, che questo assorbimento sia più potente per la irradiazione chimica che non per la luminosa e per la calorifera. Diffatto il *Prospetto* (1) da noi ricordato mostra quanto più rapidamente decresca sul sole la potenza dei raggi chimici man mano ci allontaniamo dalle parti centrali e ci avviciniamo al lembo del suo disco, presso il quale essa è ridotta ad $^1/_6$ e da ultimo anche appena ad $^1/_8$ del valore che presenta nelle parti di mezzo, mentre per i raggi termici è appena ridotta alla metà e per i luminosi ad $^1/_3$.

Allorchè si volle ridurre la potenza dei raggi chimici in valore termico, si venne a stimare la energia di quelli capace di produrre più di 4000 volte tante calorie quante ne calcolammo generate dalla radiazione calorifera. Sono computi, però, che meritano conferma, e che nelle odierne condizioni della scienza si devono giudicare precoci.

Tutta la energia chimica della irradiazione solare non va impiegata a produrre delle combinazioni chimiche del genere di quelle da noi avvertite. Parte di essa si trasforma in calore e in luce, specialmente nei bei fenomeni che succedono coi corpi *fluorescenti* e *fosforescenti*. Fra i primi, per es., la soluzione di solfato di chinino, l'infuso di corteccia d'ippocastano, il vetro d'uranio, se traversati da raggi chimici, emettono luce ed innalzano la propria temperatura — laonde ne derivò la scoperta della *calorescenza*, fatta dal Tyndall, e la costruzione di nuovi e delicatissimi termofotometri basati su questo scambio di azioni. Il quale poi mostra quanto siano fondate le teorie moderne, che non ammettono differenza sostanziale per le irradiazioni luminose, termiche e chimiche, salvo quanto concerna l'ampiezza e la velocità delle vibrazioni.

Ma adesso sarebbe soverchio trattenerci più a lungo su questi fenomeni, i quali del resto verrebbero a collegarsi con tutti quelli della vegetazione e della vita, essenzialmente influenzati dalla radiazione solare, qualunque sia la forma ch'essa assume. Tali fenomeni dovranno farci sostare ben più a lungo in avvenire e in altra parte del nostro lavoro, al quale rimandiamo i lettori (1).

Meno evidenti pel volgo, ma non per questo meno vere per lo scienziato sono le azioni magnetiche che derivano dal sole (2).

Direttamente esse non si manifestano, anzi a primo aspetto ripugna ritenere il sole quale un immenso magnete, una volta che in esso si riconosce prevalente lo stato gazoso. Ma la coincidenza costante di alcuni fenomeni tellurici colla posizione del sole o col ripetersi di alcuni fenomeni sulla sua superffcie costringono ad ammettere in esso una influenza diretta od indiretta sul magnetismo terrestre. Pochissimi scienziati adesso la negano.

Di tali coincidenze, alcune sono quasi permanenti, altre si avvicendano a periodi di una lunghezza abbastanza considerevole. Le prime sono quelle palesate dalle variazioni diurne ed annue dell'ago magnetico, e specialmente dall'*oscillazione diurna* (3). Ora, sì questo come gli altri elementi magnetici si trovano influenzati, non solo dal moto diurno

(1) Vedi Prospetto XIII.

(1) V. *Geografia Biologica*.

(2) Secchi, II, pag. 327; — Young, pag. 159: — Faye. *Sur la méthéorol. cosmique* cit., pag. 648 e 655; — Hahn. op. cit. *Einleitung*, pag. 14 e 92; — Hann, Hochstetter *und* Pockorny. *Allgemeine Erdkunde*, Prag. Tempsky, 1881. pag 42; — Denza P. Francesco, *Meteorologia cosmica*, in *Annuario scient. ed industr.* Anno X., 1873. p. 289 e seg. e Anno XI. 1874, p. 347; — Ferrari C., *Sulla relazione fra le tempeste terrestri e i rapporti planetari del sistema solare del Zenger* in *Memorie degli Spettrosc. ital.* Vol. IX, 1880, pag. 37. Massima benemerenza in queste ricerche ebbero il Loomis in America ed il Wolf in Isvizzera.

(3) Senza voler anticipare le notizie che troveranno il loro posto, naturalmente, nel capitolo del *Magnetismo terrestre*, diremo che i tre fatti magnetici *declinazione, inclinazione* ed *intensità* variano continuamente. Una delle variazioni più notevoli è la cosidetta *oscillazione diurna*. Si sa che un ago sospeso orizzontalmente sopra un perno verticale si dispone sempre diretto in modo da fare un certo angolo col meridiano terrestre. Tale angolo si chiama *declinazione*, e la direzione dell'ago corrisponde a quella del meridiano magnetico, la quale è diversa da luogo a luogo terrestre. Se poi si osserva l'ago durante varie ore del giorno, lo si trova spostato di quantità più o meno grandi dalla direzione del meridiano magnetico locale, e precisamente il polo *nord* (o *marked pole* degl'inglesi, cioè quella punta dell'ago ch'è diretta verso il nord) sembra fuggire il sole, spostandosi da est verso ovest, a cominciare dalle sette od otto antimeridiane e continuando in tale movimento fino all'una o alle due pomeridiane; passata quest'ora, retrocede da ovest verso est, in modo da riprendere alle nove o alle dieci pomeridiane la posizione primitiva. Nella notte il movimento si ripete. ma con molto minore amplitudine. Va da sè poi che nell'emisfero meridionale il movimento è contrapposto, cioè è l'estremità *sud* dell'ago quella che si sposta al mattino da est ad ovest, alla sera da ovest ad est.

Il valore di tale oscillazione o variazione diurna muta di anno in anno secondo una certa norma.

Digitized by Google

del sole, ma altresì dalla sua declinazione e quindi dal suo trovarsi nell'emisfero boreale anzichè nell'australe, — e del pari dalla sua posizione perigea od apogea o, in altre parole, dalla minore o maggiore distanza che lo separa dal nostro globo.

A questi fatti, che, col loro costante riprodursi, palesano una relazione tra il sole e i fenomeni consueti del magnetismo, se ne aggiungono altri meno regolari, ma non meno eloquenti. Si sa che le macchie solari presentano un periodo di massimi e di minimi, che si può ragguagliare ad 11. 1 anni. Or bene: la oscillazione diurna della bussola per uno stesso luogo cambia da anno in anno e precisamente presenta i suoi valori massimi in coincidenza coi massimi delle macchie solari. Forse il periodo di questa variazione non palesa ancora una perfetta coincidenza con quello delle macchie, qualora si risalga nel confronto a molti anni addietro; ma è d'uopo anche avvertire che poca sicurezza si meritano le osservazioni magnetiche anteriori a questo secolo. Nei prospetti (1) uniamo i raffronti istituiti dal P. Secchi, dal P. Denza e dallo Schiaparelli per dedurre l'accordo dei due fenomeni in seguito ad osservazioni compiute a Roma, Milano, Moncalieri ed a Praga. Ne risulta mirabile l'uniformità dell'andamento che tengono i massimi delle macchie solari e quelli delle variazioni dell'ago.

V'ha di più. Un fenomeno notissimo, quello delle *aurore polari*, è in una relazione indiscutibile colle azioni magnetiche, delle quali esso stesso è una splendida manifestazione, Ora, anche le aurore polari e le *tempeste magnetiche*, colle quali si accompagnano, e che sono segnalate dalle più vive agitazioni della bussola, presentano un notevolissimo parallelismo coi periodi delle macchie solari (2) e probabilmente anche con quelli delle facule e delle protuberanze; in una parola, colle manifestazioni di maggiore attività sul sole.

E siccome, se le grandi leggi di connessione dei fatti cosmici si verificano nell'andamento generale, devono presentare delle coincidenze anche nelle perturbazioni, ovvero negli accidenti quasi episodici che ne alterano la normale manifestazione; la scienza ormai può notare alcuni fatti, che coronano egregiamente i risultati generali della teoria. Tali sarebbero, per es. quei due delle meravigliose eruzioni solari viste, l'una il 1.° settembre 1859 dal Carrington e dall'Hogdson (1), e l'altra nei giorni 3 e 5 agosto 1872 dal Young a Sherman (2): ambedue seguite da fortissime perturbazioni magnetiche, e la prima anche da una splendida aurora polare.

Si dovette adunque concludere per una correlazione fra il magnetismo terrestre e i fenomeni che ne conseguono, e quelli che segnalano una maggiore attività solare; correlazione che si palesa per entrambe le serie di fatti e nelle perturbazioni accidentali, e nei periodi diurni (3) ed annui e, nei periodi undicennali, e forse anche in quel maggiore di circa 55 anni, al quale accennammo.

Tuttavia è più facile in questo caso dimostrare la esistenza di una connessione fra le due serie di fenomeni, che non trovarne la origine. Sono desse entrambe derivate da una causa cosmica generale che agisce contemporaneamente sui due corpi che ne sono il teatro, od è la Terra che senz'altro subisce l'azione del sole? E questa è semplicemente un'azione magnetica e diretta, ovvero i fenomeni che segnalammo si producono come manifestazioni secondarie di una causa di natura differente? E ammessa quest'ultima ipotesi, di quale natura dev'essere l'azione originale che si manifesta sulla Terra cogli accennati fenomeni magnetici? Sarà essa termica, elettrica o a quale altro ordine di forze dovrà appartenere?

Ecco altrettante quistioni, dalle quali la scienza non rifugge, ma alle quali finora non può dare una sicura risposta.

E del pari ancora sarebbe precoce forse voller fissare le relazioni intravviste fra l'una o l'altra o amendue le serie dei fenomeni toccati ed altri fenomeni meteorologici: la frequenza delle burrasche, l'abbondanza della pioggia, le variazioni del barometro e consimili (4).

(1) Prospetto XIV. I., *a*.

(2) V. Prospetto XIV, II. e la Figura 71, dove son messe a riscontro le curve rappresentanti vari fenomeni tellurici e planetari colle curve dei periodi di massima e di minima delle macchie. Cominciando dall'alto, le varie curve disegnate nella Fig. 71 rappresentano: 1.° i massimi e i minimi nel prezzo dei grani in Inghilterra; 2.° le massime e minime distanze da Giove dal Sole; 3.° i massimi ed i minimi nella frequenza delle aurore polari; 4.° gli stessi estremi nelle variazioni dell'ago magnetico; 5.° e finalmente i massimi e i minimi nella frequenza delle macchie solari.

(1) Young, pag. 121.

(2) Young, p. 161; — Lockyer, *Solar Physics*, pag. 638.

(3) Anzi, come già in relazione alla temperatura, così anche in relazione ai periodi quasi mensuali della variazione diurna dell'ago magnetico e della intensità orizzontale, l'Hornstein credette di poter dedurre una rotazione sinodica del sole di 26.3 giorni (e quindi una reale di 24 5) e il Broun una di 25.9 (24.1) V. Hann, Hochtetter e Pockorny, op. cit., pag. 65.

(4) Ai solleciti di concludere in argomento van rammentati i risultati negativi che la discussione di 44 e di 110 anni di osservazioni meteorologiche praticate a Milano diedero allo Schiaparelli e al Celoria per quanto concerne

Digitized by Google

Quello che non si può mettere in dubbio è la colossale, la enorme energia che il sole perennemente manifesta. Ora, siccome non è possibile veruna manifestazione di forza — sia essa meccanica, o luminosa, o termica, o chimica, o magnetica — senza la emissione o la trasmissione di una parte di tale forza, sorge spontaneo l' ultimo, e non per questo meno arduo fra i problemi ai quali il sole offre argomento: quello che concerne la costanza della sua azione. La energia del sole fu sempre, sarà sempre eguale a quella che noi notiamo oggidì? E se tale fu e tale sarà, in virtù di qual legge di compensazione è possibile che ciò avvenga?

Piuttosto che tentar di risolvere il problema della costanza e dall'energia complessiva solare, i dotti preferirono di discutere quello più

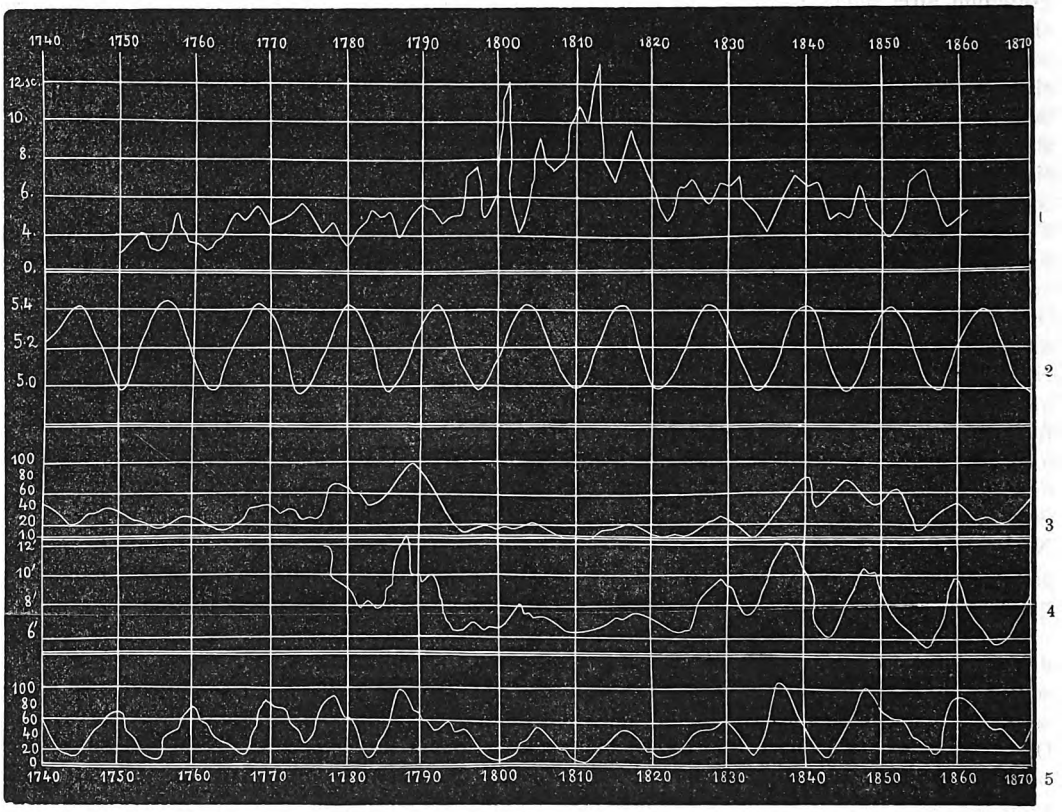


Fig. 71. — Parallelo fra i periodi delle macchie solari e quelli di alcuni fenomeni tellurici planetari.

1. Variazioni nei prezzi dei grani in Inghilterra, in scellini. — 2. Variazioni nella distanza del pianeta Giove dal sole. Distanza media = 5.2. — 3. Variazioni nel numero delle aurore boreali osservate ciascun anno. — 4. Variazione diurna della declinazione dell'ago magnetico. — 5. Variazione nella estensione delle macchie sulla superficie del sole.

semplice della energia termica del sole dacchè in ultima analisi il calore si considera oggimai come un modo particolare di movimento molecolare che si può facilmente ridurre in altre forze e specialmente in lavoro meccanico.

Ora, la perdita di calore che il sole prova continuamente dev' essere proporzionale alla sua emissione, che noi dovemmo giudicare immensa. Ammessa adunque una perdita diuturna e colossale di calore da parte del sole, ne deriva una necessaria diminuzione nella sua temperatura. Il P. Secchi attribuendo al sole un *calore specifico* (1) medio uguale a quello dell' acqua, calcolò che l' abbassamento annuale della temperatura solare si debba ragguagliare ad 1°33. Attribuendogli quello del vapore acqueo, l' abbassamento diventerebbe di ad 2°8 (2). Per quanto enorme sia il tesoro di calore che il sole possiede, tale perdita non potrebbe far a

la connessione fra le macchie solari da un lato e la temperatura, l'umidità dell'aria e la pioggia dall'altro (*Mediolanum*, Milano, D. Franc. Vallardi, 1881, Vol. I, pag 42)

(1) Vedi pag. 76, colonna 2, nota 1.
(2) Secchi, *Le soleil*, II. pag. 261.

Digitized by Google

meno di produrre delle conseguenze sensibili in un volger d'anni non lungo.

D'altra parte, si ha motivo di ritenere che la quantità di calore che riceve la Terra sia stata invariabile durante tutto il periodo storico. Non esiste nessuna prova accertata che nella distribuzione delle piante e degli animali sul globo sia avvenuto verun cambiamento, almeno negli ultimi 25 o 30 secoli. La vite, l'olivo la maggior parte degli alberi fruttiferi allignano oggi nelle stesse località in cui si notavano nei primi tempi storici, ed oltrediciò, il periodo, per vero dire, assai breve, dacchè la temperatura si osserva mediante acconci strumenti, conferma tale persistenza entro i limiti degli errori inerenti agli strumenti medesimi ed all'osservazione. È solo per le epoche preistoriche che è mestieri riconoscere siano avvenute parecchie mutazioni; ma nè esse ebbero luogo unicamente nel senso della diminuzione di temperatura, nè, per ispiegarle, si è assolutamente costretti ad ammettere l'intervento di forze estranee alle telluriche.

Comunque, la perdita della energia solare è una necessità logica: perchè tale energia continui a manifestarsi perennemente eguale, è indispensabile che vi sieno delle cause compensatrici. Non si può ritenere che il sole bruci semplicemente, o semplicemente irradî raffreddandosi. In questo secondo caso, pochi secoli sarebbero bastati ad abbassarne sensibilmente la temperatura: nel primo, fosse esso stato anche una sfera di carbone solido che ardesse nell'ossigeno, secondo i calcoli del Thomson, non avrebbe potuto durare più di 6000 anni.

A produrre la compensazione, della cui necessità facemmo menzione, il Newton avea pensato potessero servire le comete cadendo sul sole a periodi più o meno lontani. La loro massa, che ai tempi del Newton si reputava considerevole, doveva bastare alla combustione. Ma le conoscenze odierne intorno alla esiguità delle masse cometarie non permettono più di accettare tale congettura, che per lo meno dev'essere rifiutata come insufficiente a dar ragione del fatto.

Invece, fra le ipotesi odierne, una, dovuta specialmente al Mayer di Hellbronn, ricerca la genesi e dicasi pure la costanza del calore solare nella caduta di materia meteorica; un'altra, derivata da quella, nella lenta contrazione della massa solare; da ultimo, una recente teorica dello Siemens la fa risiedere specialmente nella rotazione del grande astro.

Il concetto fondamentale del Mayer si riduce pressapoco alla notissima legge fisica, secondo la quale ogni urto di due corpi genera necessariamente calore. Un corpo del peso di 8 tonnellate e $^1/_3$ mosso colla velocità di 1 metro al secondo, che venga ad urtare un altro corpo immobile, pel solo fatto dell'urto genera tanto calore quanto basta ad elevare di 1^0 in un minuto la temperatura di un chilogrammo d'acqua pura, cioè sviluppa una caloria. S'esso fosse lanciato colla velocità iniziale di una palla da cannone (500^m al secondo), produrrebbe 250,000 calorie. È facile comprendere come altrettali aumenti di temperatura avvengano sulla Terra ad ogni caduta di bolidi, e come parimenti avverrebbero sul sole, ove s'imagini vi precipitassero dei meteoriti, fossero piccoli come quelli che di consueto cadono sul globo o presentassero delle masse analoghe alle planetarie. Il Thomson anzi calcolò che la semplice caduta successiva dei pianeti sul sole basterebbe a supplire alle sue perdite per più di 45 mila anni, e precisamente, pianeta per pianeta, nel rapporto che segue:

				Anni	Giorni
Mercurio basterebbe alla perdita solare per				6	219
Venere	»	»	»	83	326
Terra	»	»	»	95	19
Marte	»	»	»	12	259
Giove	»	»	»	32254	
Saturno	»	»	»	9652	
Urano	»	»	»	1610	
Nettuno	»	»	»	1890	
				45605	

Però all'uopo di mantenere indefinitamente costante la irradiazione del sole non sarebbe necessaria la caduta di tutto il sistema: basterebbe che la precipitazione di una massa pari a quella della luna (circa $\frac{1}{80}$ della terrestre) si ripetesse periodicamente ogni quattordici mesi.

Ora, la osservazione della quantità di stelle filanti e di bolidi che cascano sul globo e del numero di pietre e di polveri meteoriche che si riscontrano sulle pur ristrette sue porzioni emerse, permette non solo di ritenere che anche il sole sia teatro di cadute simili, ma anzi che esse vi abbiano luogo notevolmente più numerose, in ragione sì della sua maggiore potenza attrattiva, sì del maggiore spazio che presenta incontrandosi nelle correnti meteoriche. Tuttavia è assai difficile, per non dire impossibile, che la loro quantità sia tale da

Digitized by Google

supplire alle perdite del calore solare. Per arrivare a ciò sarebbe mestieri che ogni ora cadesse circa un chilogramma di materia meteorica per ogni metro quadrato della superficie solare. Ciò farebbe supporre che gli spazî celesti circostanti al sole fossero disseminati di una fittissima sostanza meteorica, la esistenza della quale dovrebbe necessariamente produrre delle perturbazioni nel movimento di Mercurio e delle comete durante il perielio, — perturbazioni non perance avvertite.

Si aggiunga un'altra considerazione. Cadendo tutta questa materia quotidianamente sul sole, essa ne aumenterebbe il volume di una quantità annua per noi affatto inapprezzabile; ma altrettanto trascurabile non sarebbe l'aumento nella massa, il quale dovrebbe manifestare immediatamente i suoi effetti in una conseguente accelerazione nel movimento dei pianeti, accelerazione percepibile in poco volger di anni e, per quanto riguarda la Terra, decisamente smentita dalle ricerche astronomiche.

Per tutto questo, se si può ammettere che la caduta di materie meteoriche sul sole compensi in piccola parte le continue perdite di energia solare, tale ipotesi va giudicata per lo meno insufficiente a farci conoscere la fonte principale di tale energia. Però essa additò la strada a cercarla sempre nella trasformazione in calore di un effetto della gravitazione considerata semplicemente quale una forza meccanica.

È presumibile che il sistema solare, — in tempi remotissimi, — non abbia presentato il volume ch'oggidì presenta. Il concetto, ch'esso abbia avuto la forma e la diffusione di una nebulosa pari a qualcuna di quelle di cui facemmo menzione, prevale tuttavia nella scienza. Perchè l'assieme dei pianeti e del sole assumesse la forma e le dimensioni attuali, fu certamente mestieri che avvenisse una sola od una serie di precipitazioni sopra uno o più punti centrali. Per maggiore semplicità poniamo che ne avvenisse una. In tal caso, l'urto delle molecole accorrenti al centro dev'essere stato tale da sviluppare una quantità di calore veramente enorme. I calcoli fatti per determinarla variano a seconda delle dimensioni che si vogliano attribuire alla massa primitiva: però in nessun caso concludono stimando minore di 28 nè maggiore di 240 milioni di gradi la temperatura che allora doveva spettare al globo solare, posto ch'esso avesse addirittura assunte le attuale dimensioni.

Ammesso vero il principio generale, nulla obbliga a ritenere che la contrazione abbia dovuto avvenire con enorme, con mediocre o con minima rapidità, nè che il movimento di concentrazione abbia cessato di aver luogo dopo un certo tempo, oppure che esso continui tuttodì. Se questo secondo caso si verificasse, una semplice contrazione di 39.^{m} 15 all'anno sarebbe sufficiente, secondo il Maxwell Hall, a compensare le perdite che il sole subisce in causa della radiazione (1). È facile comprendere che tale contrazione debba riuscire impercettibile anche per i nostri più delicati strumenti. Si sa che la misura del diametro solare può presentare delle incertezze anche di qualche secondo di arco. Ebbene: perchè la contrazione accennata arrivasse a diminuire il diametro apparente del sole di un intiero minuto secondo, dovrebbero scorrere non meno di 18,000 anni.

D'altra parte, perchè la teoria sia ammissibile, giova ritenere il sole in uno stato diverso dal solido, anzi addirittura gazoso — il quale stato è il solo che permette un'indefinita possibilità di contrarsi. Le nostre conoscenze sulla sua costituzione non si oppongono a tale congettura, salvo forse per quanto riguarda la densità solare, la quale, essendo una mezza volta maggiore di quella dell'acqua, difficilmente può conciliarsi collo stato completamente gazoso della materia solare. Ond'è che, considerando pure le enormi pressioni e le eccezionali condizioni termiche e chimiche in esso necessariamente dominanti, è lecito supporre che il suo stato sia quello di una materia nè completamente liquida, nè solida, nè aeriforme; stato critico, nel quale gli elementi che la costituiscono, grazie all'enorme temperatura, devono rimanere dissociati non ostante l'enorme pressione e la loro propria tendenza a formare, in altre condizioni, dei veri composti.

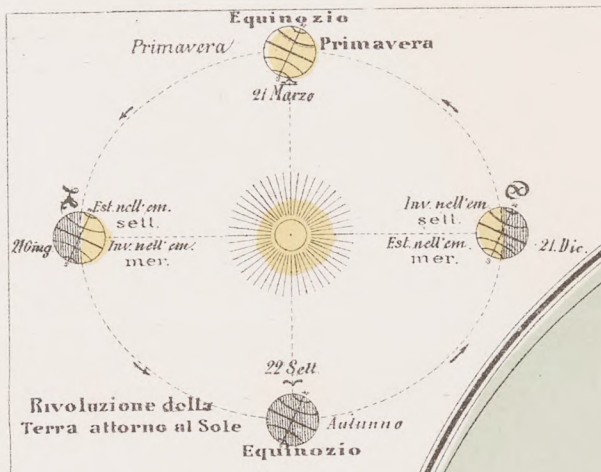
Alla possibilità di siffatto stato critico non si oppongono le esperienze compiute nei nostri gabinetti chimici, mentre le rapide e potenti mutazioni di volume che l'equilibrio instabile delle forze dominanti determina nei corpi soggetti a tali condizioni, dànno forse ragione di molti fra i più energici fenomeni riscontrati sul sole. Aggiungasi che lo stato di dissociazione permette di pensare ancora ad un'altra causa di con-

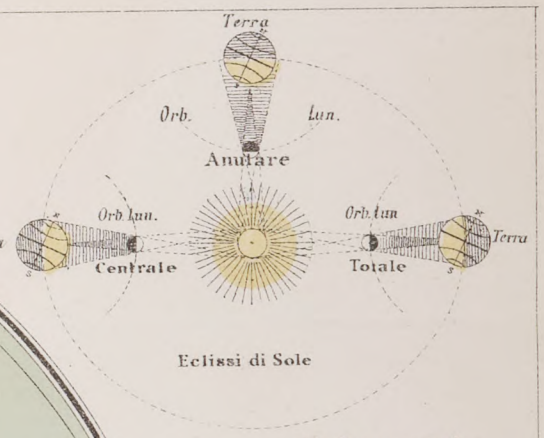
(1) Secchi. II, pag. 272. Secondo l'Helmholtz ed ammesse le condizioni più sfavorevoli, per ottenere l'effetto menzionato sarebbe necessaria una contrazione annua nel diametro del sole non minore di 75^{m}. — Vedi Young, pag. 287

Digitized by Google

Digitized by Google

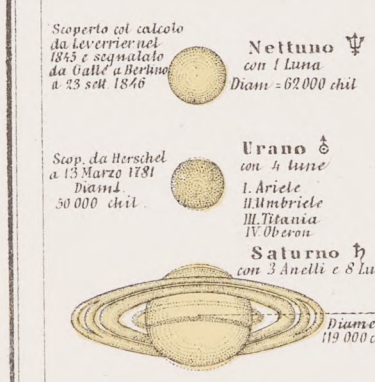
Stab. Lit. Galileo

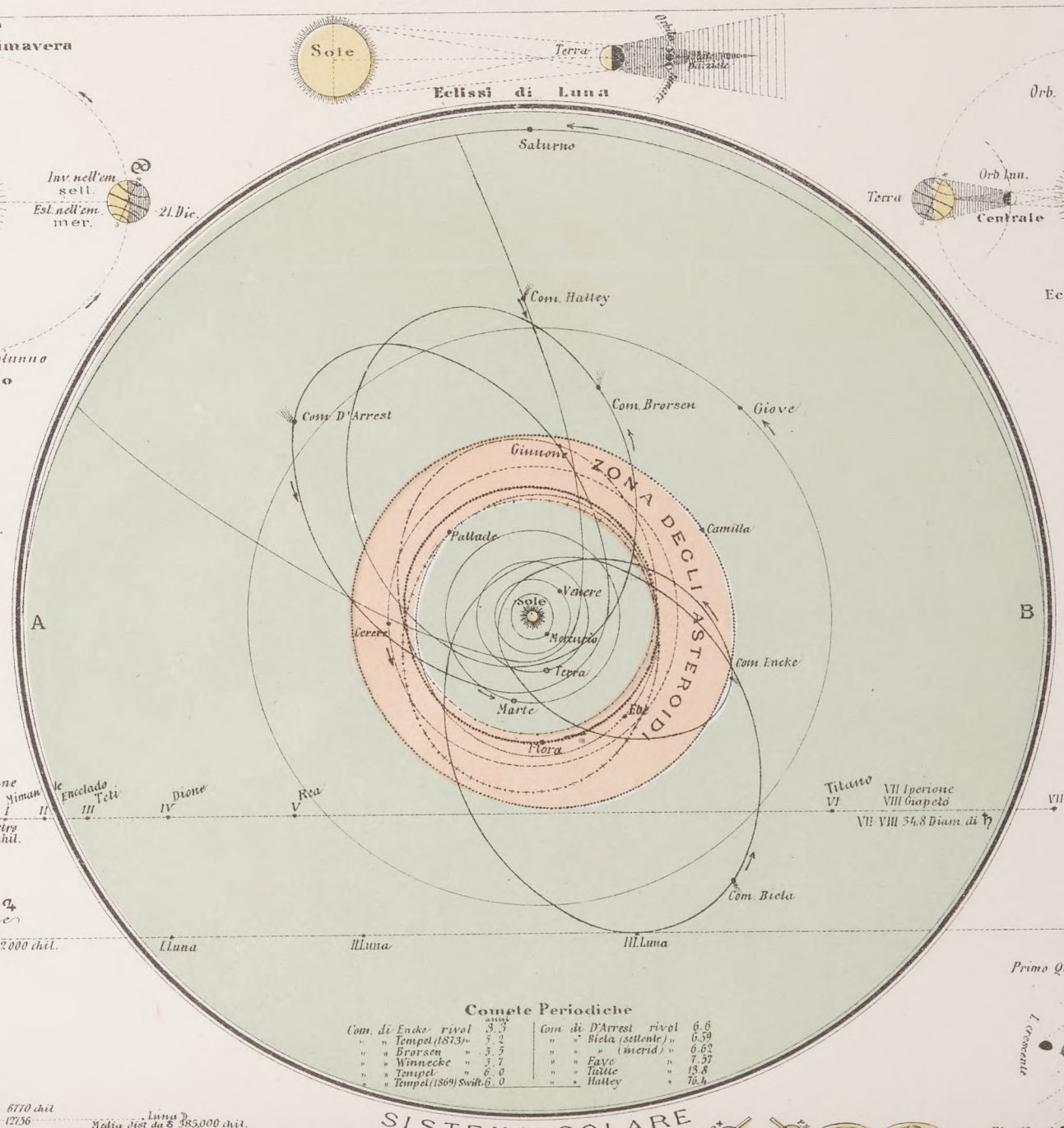




Rapporto

della vera grandezza dei pianeti fra loro e risp. al Sole AB.





Distanze dei Pianeti dal Sole

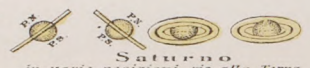
	essendo=1 quella della Terra	in milioni di Chilometri
☿	0.38	58
♀	0.72	108
♁	1.00	149
♂	1.52	227
Pianetini	2.81	420
♃	5.20	777
♄	9.54	1424
♅	19.18	2864
♆	30.05	4487

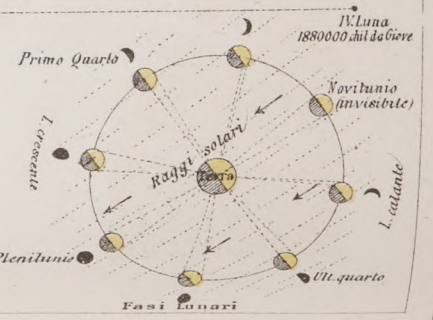
Comete Periodiche

	anni		anni
Com. di Encke rivol	3.3	Com. di D'Arrest rivol	6.6
" " Tempel (1873) "	5.2	" " Biela (scellente) "	6.59
" " Brorsen "	5.5	" " (meridionale) "	6.62
" " Winnecke "	5.7	" " Faye "	7.37
" " Tempel "	6.0	" " Tuttle "	13.8
" " Tempel (1869) Swift	6.0	" " Halley "	76.4

SISTEMA SOLARE

Diametro del Sole 1392000 chilom.
Circonferenza 4373000 "



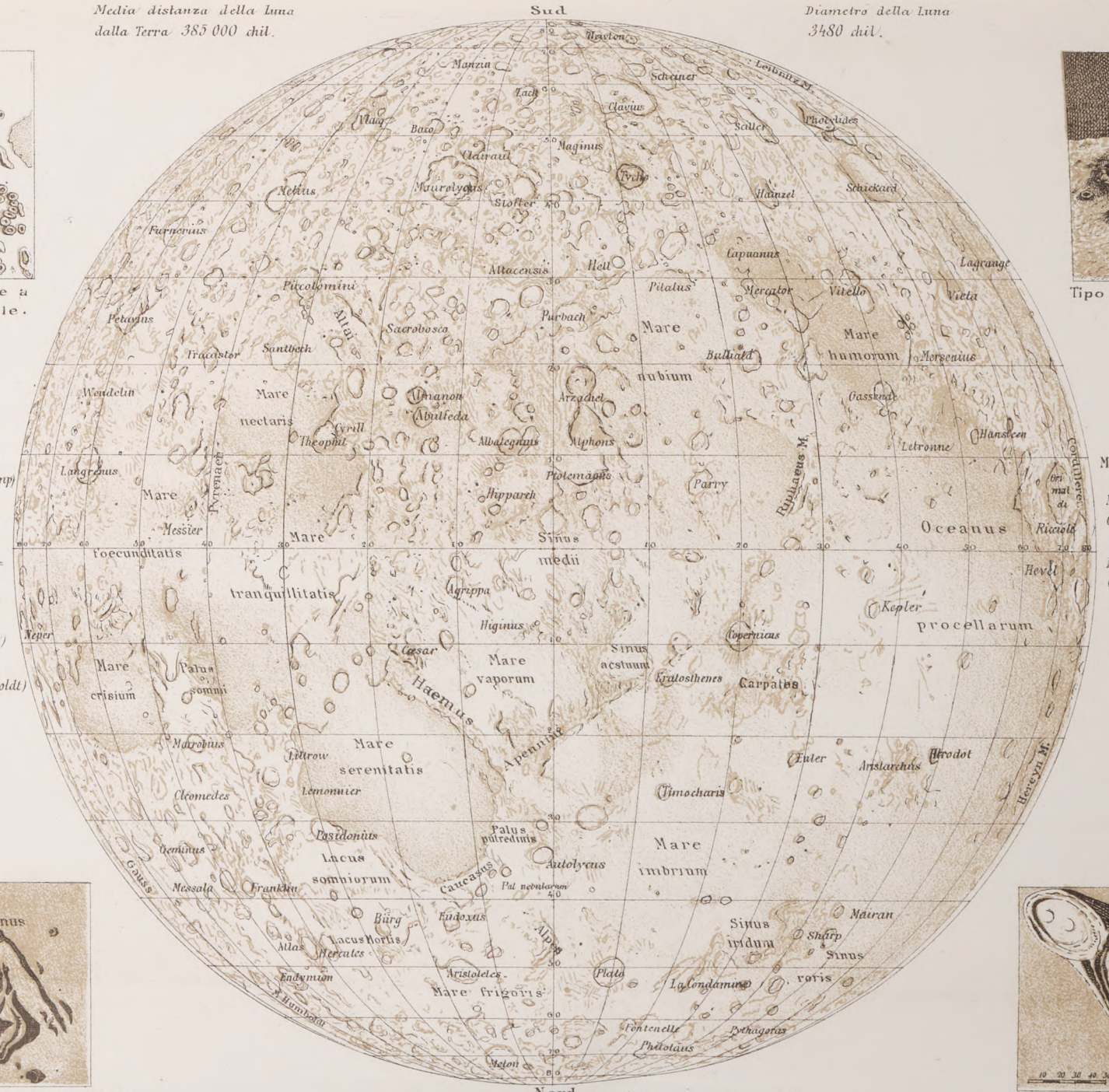


Casa Edit. Dott. F° Vallardi

Media distanza della luna dalla Terra 385 000 chil.

Diametro della Luna 3480 chil.

Paesaggio lunare a tramonto di sole.



Superficie di spazi lunari

Oceanus procellarum (Oc. delle tempe) 1300000 chq
Mare foecunditatis (Mare della fecondità) 880,000 chq
Mare Imbrium (Mare delle piaggie) 770,000 chq
Mare nubium (Mare delle nubi) 140,000 chq
Mare nectaris (Mare di nettare) 115,000
Mare Humboldt (Mare di Humboldt) 26,000 chq

Massima altezza di alcuni monti e di alcune catene lunari

M. Leibnitz	7610 m
Crat. Newton	7264 "
" Tycho	6151 "
M. Huygens	5560 "
Cat del Caucaso	5570 "
" degli Appennini	5500 "
" delle Alpi	3620 "
" dei Carpazi	1940 "

Dintorni del nuovo cratere in prossimita' di Higinus.

1° equator. terrestre = 111,3 chil. = 3'.642 dell' equat. lunare.

Veduta di Posidonio.

G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

pensazione delle perdite subìte dal sole, ed anche in questo caso senza ricorrere ad agenti esteriori. Imperocchè, supposto che la temperatura del sole o di parte della sua superficie si abbassi per la irradiazione fino al punto che le affinità chimiche abbiano libero il loro corso, il solo fatto della combinazione chimica degli elementi solari sarà sufficiente a sviluppare una notevolissima quantità di calore secondo un effetto assai analogo a quello che genera calore ogniqualvolta un corpo passa dallo stato gazoso allo stato liquido, dal liquido al solido. E realmente poi oltre al fenomeno chimico della combinazione dei corpi, ammessa la costante irradiazione, si dovrà produrre anche il fenomeno fisico del passaggio successivo da stato a stato. Quindi una non meno costante produzione di calore, tanto da compensare in larga misura quello che va speso; ma in pari tempo un aumento di densità, una diminuzione di volume e da ultimo un esaurimento nelle stesse forze di compensazione delle perdite subìte. Avverrà allora che l'irradiazione a sua volta dovrà scemare, e l'intero sistema planetario vedrà mutarsi pure le condizioni del suo essere, le atmosfere dei pianeti si trasformeranno e da ultimo saranno assorbite, e la vita animale e vegetale cesserà colla loro scomparsa.

Perchè tuttavia la evoluzione della energia solare tocchi quell'estremo, anche assumendo a base i dati più favorevoli ad un rapido decremento della sua potenza, si calcolano necessarî ancora almeno dieci milioni di anni.

La teoria recentissimamente esposta dallo Siemens (1) vorrebbe ovviare anche a questo concetto dell'esaurimento dell'energia solare. Essa suppone dei fatti, se non nuovi agli astronomi, per lo meno assai controversi.

Secondo lo Siemens, gli spazî stellari non sarebbero vuoti, come generalmente si crede, ma sì occupati da alcuni dei gas che noi stessi conosciamo — idrogeno, ossigeno, azoto, carbonio e loro composti — tutti in uno stato di estrema tenuità e frammisti ad una materia polverulenta solida. La esistenza di questo mezzo resistente sarebbe provata da

(1) SIEMENS C. W., *On the Conservation of Solar Energy*. London, 1883; — *Nouvelle Théorie du Soleil in Annales de Chimie et de Physique*, 5me. serie, 188?, T. XXVI, pag. 405-432.

Fu presentata il 20 sett. 1882 alla Soc. Reale di Londra quindi pubblicata dall'autore nel numero di aprile della *Nineteenth Century*, e tradotta negli *Annales* sovracitati, da cui attingemmo il nostro sommario. Cnfr. anche *Annuario scientif. ed industr.* Anno XIX 1882, pag. 25.

parecchie circostanze, che non reputiamo necessario esporre (1). Certo è poi che, una volta ammessa, ed ammesso ancora il moto rotatorio del sole, ne deve succedere un continuo scambio di materia fra il sole stesso e lo spazio. La forte irradiazione di quello mirerà a dissociare i composti eterici, e la sua potenza di attrazione tenderà a farli precipitare sulla propria superficie. Ma il movimento rotatorio che lo domina deve generare nelle sue parti equatoriali una forza centrifuga straordinaria, la quale tuttavia andrà sempre degradando verso i poli, dov'essa sarà nulla; mentre la forza di attrazione sarà eguale in tutte le sue parti. Le materie eteriche, quindi, respinte dalle zone equatoriali per la forza centrifuga, si sentiranno come aspirate verso le calotte polari, sulle quali discenderanno ed ivi, accrescendosi e la loro densità e la loro temperatura, daranno ancora origine a nuove combinazioni, e soprattutto verranno trasportate verso l'equatore solare, donde nuovamente lanciate nello spazio, ripeteranno senza fine l'eterna vicenda.

Certamente la ipotesi non risponde in modo completo a tutte le obiezioni (2); ma essa pure, come e forse meglio delle altre, dà spiegazione di molti fenomeni solari anche fra i meno esplicabili. Ciò non ostante, in fondo, essa basa tutta la energia del sole sul fatto meccanico della sua rotazione entro un mezzo materiale resistente, e sullo scambio della materia eterica colla materia solare. Ma supposto pure che si ammetta la esistenza della materia interstellare e che il trasporto dei gas e della polvere eterica così aspirata si verifichi nel modo avvertito dallo Siemens, certo è che neanche colla sua teoria si arriva a mostrare costante ed eterna la energia solare; dacchè, anche tacendo del calore che va perduto a vantaggio dei varii pianeti, tutto l'accennato ricambio della materia avviene per opera e quindi a spese della rotazione dell'astro. Dunque, anche per questa, come per le altre teorie, e soltanto forse per il supposto d'una evoluzione assai più lenta e di effetto più lontano, si è indotti alla conseguenza finale di una diminuzione e da ultimo della completa cessazione delle irradiazioni solari. Così questo splendido

(1) Pare che essa sia stata confermata anche dalle recenti osservazioni compiute nelle eclissi del 6 dicembre, 1882, dagli astronomi italiani.

(2) V. di fatto le critiche mosse a questa teoria dai signori Faye ed Hirn nelle sedute del 9 ottobre e dell'11 dic. 1882 all'*Academie des Sciences*, e la risposta a quelle del Faye presentata dallo Siemens il 30 novembre 1882 alla stessa *Accademie*. Cnfr. ancora l'*Astronomie, Revue mensuelle*, Anno I, pag. 333, Anno II, pag. 16.

Digitized by Google

astro, oggi immane scena di formidabili fenomeni termici, luminosi e chimici, diverrà a sua volta, come altri mondi ora spenti, una sfera gelida, opaca, uniforme e muta, e sola sorviverà per miriadi di secoli la sua potenza meccanica, capace forse, allora come adesso, di trascinare attraverso gli azzurri campi del cielo un numeroso corteo di pianeti, sui quali lo spegnersi graduale della radiazione solare avrà già recate le inesorabili conseguenze di freddo, di tenebre e di morte.

Ma uno sterminato volger di anni separa ancora la nostra da quell'epoca: ancora le manifestazioni della energia solare continuano a dominare il nostro sistema, diffondendo dovunque sovr'esso la vita, la luce, il calore e il movimento secondo norme costanti ed inalterabili.

CAPITOLO III.

IL SISTEMA SOLARE (1).

« Col viso ritornai per *tutte* quante
Le sette spere e vidi questo globo
Tal, ch'io sorrisi del suo vil sembiante
. . . . . .
« E tutte sette mi si dimostraro
Quanto son grandi, e quanto son veloci,
E come sono in distante riparo ».

DANTE, *Paradiso*, C. XXII, v. 138-150.

1. Un globo centrale immobile, — il nostro costituito da *terra* ed *acqua* e involuto da due sfere successive, l'*aria* ed il *fuoco*, i quattro elementi; — altri globi mobili di varie dimensioni e di varî splendori, corrispondenti al numero sacramentale di *sette* e disposti nell'ordine seguente: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove, Saturno; — *tre* sfere celesti: *firmamento*, *cielo cristallino* e *primo mobile*; — da ultimo il *cielo empireo*, dimora degli eletti: ecco in poche parole l'edificio cosmico innalzato dalla scuola tolomaica e accettato dall'universale per forse quattordici secoli (2).

Non erano valse a scuoterlo nè le divinazioni di alcune fra le scuole filosofiche greche, nè i ragionamenti di Critolao o di Aristarco da Samo o di Seleuco, quei remoti precursori del Copernico (1), nè le discussioni delle scuole giudaiche ed arabiche dei tempi di mezzo (2), nè i dubbî ricorrenti degli stessi astronomi cristiani, costretti, in omaggio al sistema, a moltiplicare *epicicli* e *deferenti* (3), e da ultimo a prorompere con Alfonso X nel celebre, per quanto irriverente, motto di biasimo a chi avea così costruito l'universo (4). Il concetto della immobilità della Terra nel centro e quello del moto incessante degli astri intorno ad essa aveano dalla loro alleati troppo potenti, cioè: i sensi, le dottrine religiose prevalenti, l'autorità di due grandi nomi, quelli di Aristotele e di Tolomeo. La

(1) Delle opere generali citate vedi, specialmente le seguenti. NEWCOMB, pag. 261 e 315; — DELAUNAY, *Corso di astronomia*, ecc.; — CHAMBERS, *Astronomy*, ecc.; — HUGUES, *Nozioni di geogr., matem.*, 2.ª ediz., Torino, 1882; — FLAMMARION, *Les Terres du ciel*, ecc.; — ULE OTTO (HERM. KLEIN), *Die Wunder der Sternenwelt*, ecc.; — GUILLEMIN, *Le Ciel* ecc.; — HUMBOLDT, *Cosmos*, I° e III°, ecc.; — SECCHI, *Le soleil*, vol. II., pag. 385 e seg.; — MUELLER, *Kosm. Physik*, ecc.; — MARTUS, *Astronomische Geographie*, ecc. Poi vedi le citazioni ai vari soggetti.

(2) Per avere un'idea chiara e completa dei concetti della scuola tolemaica ancora in pieno secolo XVI, confr la *Cosmographia* PETRI APIANI (Bienewitz), *per* GEMMAN FRISIUM, ecc Antverpiae, apud Hacredes Arnoldi Birckmanni. MDLXIII. È da quest'opera che traemmo, riducendola, la Figura 72.

(1) SCHIAPARELLI, *I precursori di Copernico nell'antichità*, già citato.

(2) GÜNTHER, *Die Lehre von der Erdrundung und Erdbewegung in Mittelaller*, ecc., pag. 1-28 degli *Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie*. Halle. Nebert, 1879.

(3) La figura 63 può fornire una idea degli spedienti ai quali si ricorreva dai tolemaici per dare ragione delle varie dimensioni apparenti, talvolta presentate dai pianeti, e delle anomalie nei loro movimenti. Il pianeta, secondo i tolemaici, non descriveva direttamente la sua orbita intorno la Terra *T.*, bensì descriveva una minore circonferenza (epiciclo), il cui centro, *C* o *C'*, percorreva a sua volta una periferia (deferente), nel centro della quale stava la Terra. Quindi il pianeta poteva trovarsi più vicino o più lontano dalla Terra, cioè in *P* in *P'*, ecc. In *P* parea più grande, in *P'* più piccolo. Analogamente, il suo cammino poteva variare nei sensi indicati dalle varie freccie.

(4) « Si a principio creationis humanae Dei altissimi consilii interfuissem, nonnulla melius ordinatiusque condita fuisse ». GÜNTHER, *Studien*, pag. 87.

Digitized by Google

loro sorte doveva essere assicurata per secoli, e lo fu.

La grandezza dei concetti copernicani apparisce ancora maggiore, qualora si rifletta che ad occhio nudo non si possono scorgere dei componenti il sistema nostro, se non la luna, il sole, qualche cometa, quelle *quinque stellae errantes* di cui facemmo men-

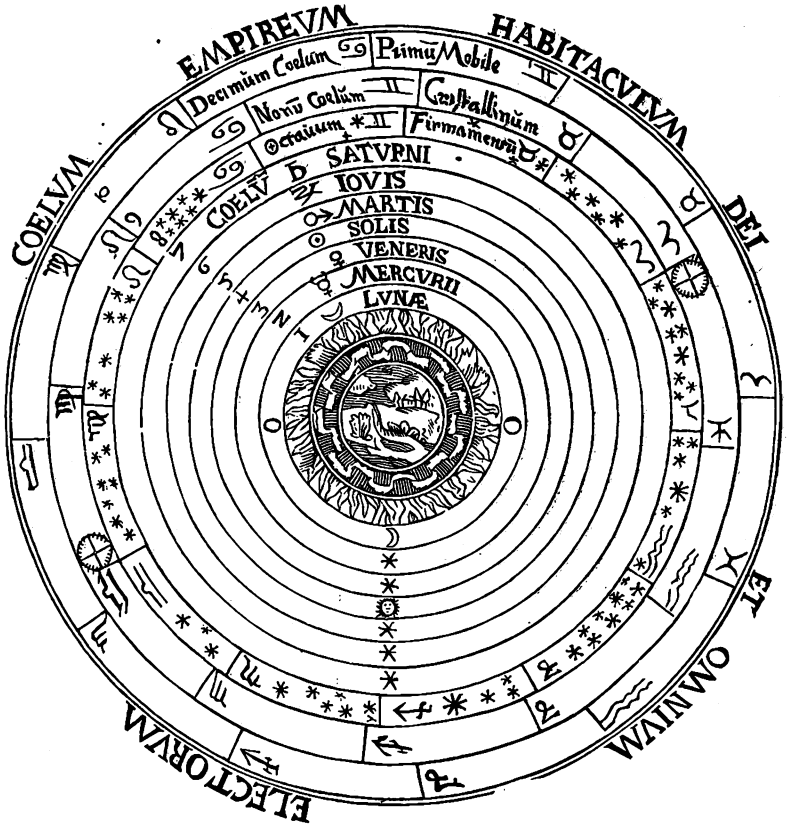


Fig. 72. — Il sistema Tolemaico (Imitazione dalle Cosmografie del sec. XV).

zione, ed a mala pena Urano. Perciò, respinta l'idea dell'*anticlone* ed *antiterra* — emisfero contrapposto a quello in cui noi ci troviamo (1), e non mai visto da alcuno, ma pur accettato da taluna delle scuole elleniche — i corpi, sui quali si poteva escogitare un nuovo ordine cosmico erano *sette*, numero significativo — corrispondente a quello dei giorni della settimana, e forse dei più noti metalli (2), e ad altre serie più o meno simboliche, — e quindi numero inalterabile.

Il secolo XVII seppe a quei sette, aggiungere *dieci* nuovi corpi planetari ed altri *nove* ancora il XVIII, entrambi superati dal XIX, il qual, anche senza contare le comete, accrebbe di 241 il numero dei corpi componenti il sistema solare, sicchè oggi essi non ammontano a meno di 267, o — dovendosi rinunciare a quattro fra le lune di Urano e al 2.° satellite di Nettuno — più propriamente a 262.

Ecco quale fu l'ordine di scoperta dei varî oggetti che compongono il sistema planetario (1):

Secolo XVII (10 corpi).

Quattro satelliti di Giove; scoperti a Padova da Galileo Galilei, il 7 gennaio 1610 (2).

Triplicità di Saturno; scoperta da Galileo sembra il 25 luglio del 1610 (3). Nel 1656 l'Evelio scorge i *due manichi;* a' 17 dicembre del 1657 l'Huyghens riconosce la vera forma dell'anello; nel 1665 W. Ball scopre la cosidetta *riga del Cassini,*

(1) Schiaparelli, *I precursori*, ecc., pag. 9 dell'ediz. tedesca; — Humboldt, *Cosmos*, III., p. 345.

(2) Humboldt, *Cosmos*, III. pag., 835.

(1) Humboldt, *Cosmos*, III., pag. 345, al quale facemmo numerose aggiunte. V. quindi Delambre, Hoefer, Houzeau opere citate, e per i piccoli pianeti le più recenti effemeridi.

(2) Vedi la confutazione della pretesa loro scoperta fatta ad Ansbach da Simeone Mayr (Mario) il 29 dicembre del 1609, in Favaro, *Galileo*, ecc., citato, I., pag. 439 e seg.

(3) Favaro, id., ib., p. 406.

Digitized by Google

che divide l'anello in due. Le ulteriori divisioni vennero segnalate nei due secoli successivi.

Il 6.° *satellite di Saturno, Titano;* scoperto dal l'Huyghens il 25 marzo 1655.

L' 8.° *Satellite di Saturno, Giapeto;* scoperto da Domenico Cassini nell'ottobre 1671.

Il 5.° *satellite di Saturno, Rea;* scoperto dal Cassini stesso il 23 dicembre 1672.

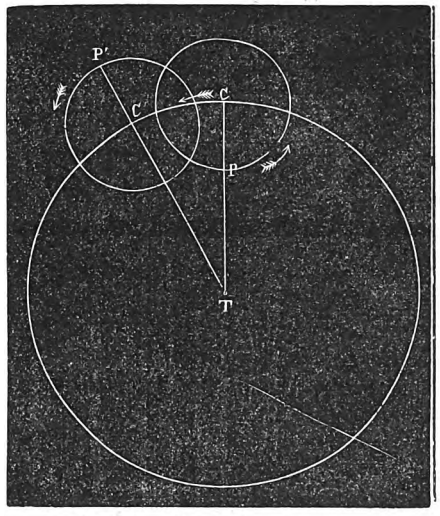


Fig. 73. — Epicicli e deferenti.

Il 1.° *e* il 4.° *satellite di Saturno, Tetide e Dione;* scoperti essi pure dal Cassini alla fine di marzo del 1684.

SECOLO XVIII (9 oggetti):

Urano; scoperto dall'Herschel il 13 marzo 1781, designato come un pianeta dal De Saron l'8 maggio dello stesso anno.

Il 2.° *e il* 4.° *satellite di Urano;* scoperti da Guglielmo Herschel l'11 gennaio 1787.

Il 1.° *satellite di Saturno, Mimante;* scoperto il 28 agosto del 1789 dallo stesso Herschel, al quale pure si deve la scoperta di tutti i corpi planetari che seguono segnalati in questo secolo XVIII.

Il 2.° *satellite di Saturno, Encelado*; scoperto il 17 settembre del 1789.

Il 1.° *satellite di Urano,* scoperto il 18 gennaio 1790.

Il 5.° *satellite di Urano,* scoperto il 9 febbraio 1790.

Il 6.° *satellite di Urano,* scoperto il 28 febbraio 1794.

Il 3.° *satellite di Urano,* scoperto il 26 marzo 1794.

SECOLO XIX (241 oggetti):

Cerere, il primo dei pianetini; scoperto dal Piazzi a Palermo il 1.° gennaio 1801.

Pallade, scoperto dall'Olbers a Brema, il 28 marzo 1802.

Giunone, scoperto dall'Harding a Lilienthal, il 1.° settembre 1804.

Vesta, scoperto dall'Olbers a Brema, il 29 marzo 1807.

Astrea, scoperto dall'Encke a Driesen, l'8 dicembre 1845.

Nettuno, calcolato dal Leverrier e dall'Adams, scoperto da Galle a Berlino, il 23 settembre del 1846.

Il 1.° *satellite di Nettuno,* supposto dal Lassel il 10 ottobre 1846 e poscia scoperto da lui a Starfield presso Liverpool, il 7 luglio 1847.

Tre pianetini, Ebe, Iride, Flora, scoperti il primo dall'Encke, gli altri due dall'Hind nel 1847.

Il 7.° *satellite di Saturno, Iperione;* scoperto intorno il 19 settembre 1848, quasi contemporaneamente dal Bond a Cambridge e dal Lassel a Starfield.

Metide, il 9.° dei pianetini; scoperto dal Graham a Markree Castle, il 25 aprile 1848.

Igea, il 10.° dei pianetini; scoperto dal de Gasparis a Napoli, il 12 aprile 1849.

Il 2.° *satellite di Nettuno,* scoperto dal Lassel a Starfield il 14 agosto 1850, poi non più visto.

Il 1.° *e il* 2.° *satellite di Urano, Ariele ed Umbriele;* scoperti dal Lassel stesso il 24 ottobre del 1851.

Quarantasette pianetini, scoperti da varî astronomi nel decennio 1850-1859.

Cinquantadue pianetini, scoperti da varî astronomi del decennio 1860-1869.

Centodue pianetini, scoperti da varî astronomi nel decennio 1870-1879.

I due satelliti di Marte, Deimos e Fobos; scoperti, quello l'11, questi il 12 agosto 1877, da A. Hall a Washington.

Ventidue pianetini, scoperti da varî astronomi dal 1880 a tutto maggio del 1883 (1).

Concetto essenziale del sistema copernicano era sciogliere la Terra dalla sua pretesa immobilità. In ciò il Copernico non ebbe predecessori nel mondo cristiano, salvo forse il cardinale Niccolò da Cusa, e in qualche veduta isolata l'Oresme in Francia (2) ancora nel 1393, Domenico Maria Novara, Leonardo da Vinci e Celio Calcagnini in Italia (3). Ma le idee dal celebre cardinale enunciate nel 1444 sono ben diverse da quelle a cui doveva arrivare il Copernico. Per quegli: 1.° la Terra girava in ventiquattr'ore da est ad

(1) L'ultimo (233) fu scoperto dal Borrelly a Marsiglia l'11 maggio. *Comptes rendus de l'Acad.*, T. XCVI, pag. 1415 (sed. del 14 maggio 1883).

(2) GÜNTHER. *Studien*, ecc., citato, pag. 27 nota.

(3) BERTI DOMENICO, *Copernico e le vicende del sistema copernicano in Italia nella seconda metà del sec. XVI e nella prima metà del sec. XVII.* Roma, Paravia, 1874, pag. 72 e seg., docum. VIII, pag. 200. Cnfr. Anche MARINELLI, *Della Geografia scientifica*, ecc. Roma, Civelli. 1879 (Estr. da *Bollet. della Soc. Geogr. Ital.*, maggio 1879); sul Novara v. anche il GÜNTHER cit., a pag. 37; sul Tallavia, calabrese, altro dei precursori di Copernico, v. BERTI, *Vita di Giordano Bruno da Nola.* Torino, Paravia, 1868, p. 1.

Digitized by Google

ovest, intorno ad un asse comune coll'asse del mondo; 2.° era in pari tempo incardinata nella ottava sfera, che girava pure attorno all'asse in senso opposto e con una velocità angolare doppia; 3.° il sole partecipava a questa ultimo rivoluzione, però con tale ritardo, che, nello svolgersi di un anno intero, ammontava precisamente a 360° (1).

Ecco invece quali appariscono le tre verità fondamentali del sistema planetario, secondo il Copernico (2): —

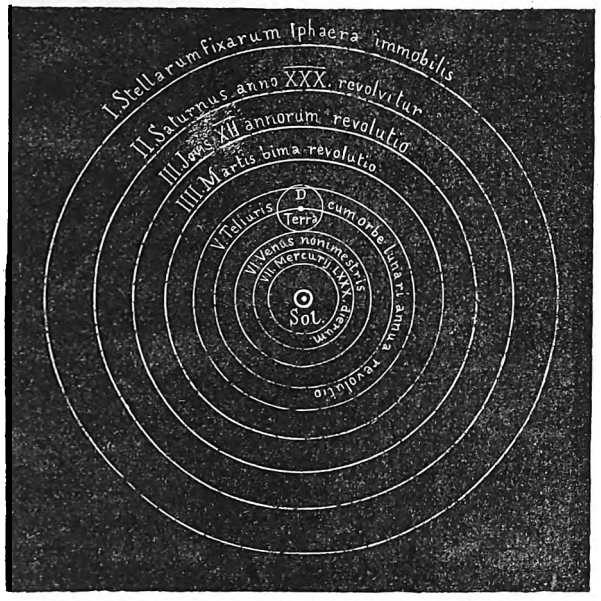


Fig. 74. — Il sistema del Copernico (imitazione della vignetta a pag. 9 del libro *De Revolutionibus*, ecc.).

1) la Terra è dotata di un movimento di rotazione diurna;

2) essa è pure dotata di un movimento di rivoluzione attorno al sole;

3) questo movimento di rivoluzione non è esclusivo della Terra soltanto, ma ne sono egualmente dominati tutti i pianeti.

Del resto le orbite dei pianeti per lui sono circolari, e per ispiegare i loro movimenti egli accetta tuttavia gli epicicli e i deferenti tolemaici, come non respinge i cieli solidi, che Ticone Brahè più tardi poteva vantarsi, e forse egli pure a torto, d'aver rotti pel primo (1).

Del pari, a spiegare le differenti durate del giorno e della notte nelle varie stagioni, egli credette di dover ricorrere a una *convertibilem inclinationem* dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica (2).

Ma la grandezza del servigio prestato dal Copernico alla scienza col ridonare alla Terra il suo vero carattere assimilandola agli altri pianeti, col ridonare al sole il suo vero ufficio di rettore del sistema planetario, quasi assiso *regali solio* a governare *circumagentem astrorum familiam* (3), col ridonare al sistema tutto un ordinamento semplice nello stesso tempo e grandioso, non rimase per nulla scemata dalle poche false interpretazioni che gli sfuggirono. Una prova dei frutti immediati che, lui vivo, si potevano ritrarre dal nuovo concetto dell'ordinamento planetario, sta negli esatti elementi che allora per la prima volta fu possibile assegnare ai corpi che ne formano parte. Una evidente dimostrazione di ciò risulta dalla tabellina che segue:

Pianeti	Minima distanza dal sole (3)		Massima distanza dal sole (4)		Durata delle rivoluzioni			
	sec. il Copernico	in realtà	sec. il Copernico	in realtà	sec. il Copernico anni	giorni	in realtà anni	giorni
Mercurio	0.326	0.308	0.405	0.467	0.	80	0.	88
Venere	0.709	0.718	0.730	0.728	0.	270	0.	225
Marte	1.373	1.382	1.666	1.666	2.	0	1.	322
Giove	4.980	4.952	5.453	5.454	12.	0	11.	315
Saturno	8.66	9.00	9.76	10.07	30.	0	29.	167

Le idee copernicane non potevano trionfare ad un tratto, anzi la loro enunciazione fu il segnale di una controversia varia ed accanita, sulla quale ebbero azione e la scienza e la fede, e passioni diverse, e i cui ultimi echi si fecero sentire ancora sullo scorcio del secolo passato, per non dire in questi ultimi anni del presente (4).

(1) GÜNTHER, op. cit. e MARINELLI, *Intorno agli studi del dott. Günther sulla storia della geogr. matem. e fisica.* Roma, Civelli, 1880 pag. 12; — BERTI, *Copernico*, pag. 205; — HUMBOLDT, *Cosmos*, II. p. 390.

(2) NICOLAI COPERNICI TORINENSIS. *De Revolutionibus orbium coelestium libri VI*, Norimbergae apud Joh. Petreium; Anno MDXLIII. Nelle citazioni ci serviamo sempre di questa rara edizione

(3) Supposta eguale ad uno, la distanza della Terra al sole.

(4) Idem. Idem.

(1) HUMBOLDT, *Cosmos*, III, pag. 390, nota 25.

(2) *De revolutionibus*, ecc. Libr. I. cap. XI, pag. 10 verso.

(3) Lib. I, cap. X, pag. 9. verso.

(4) Vedi l'ampia bibliografia copernicana ed anticopernicana in HOUZEAU pag. 349-360.

Digitized by Google

Fu sul principio di tale lotta tra la verità e il pregiudizio, fra la scienza e lo scolasticismo, che Ticone Brahè (1), pure uno dei più insigni astronomi del suo tempo, desideroso di conciliare concetti opposti, tentò di risuscitare, modificandola, una vecchia dottrina d'incerta origine (2), riferita da Vitruvio, da Marciano Capella e da altri, e giusta la quale i due pianeti inferiori, Venere e Mercurio, giravano attorno al sole e con esso attorno alla Terra. Secondo Ticone, invece, al movimento di tutti e cinque i pianeti era centro il sole, il quale a sua volta trascinava lo splendido corteo in giro al nostro piccolo globo: teoria che dava ragione di ben pochi tra i fenomeni planetari e che, senza nemmeno l'onore di una seria confutazione, da sè stessa tramontò.

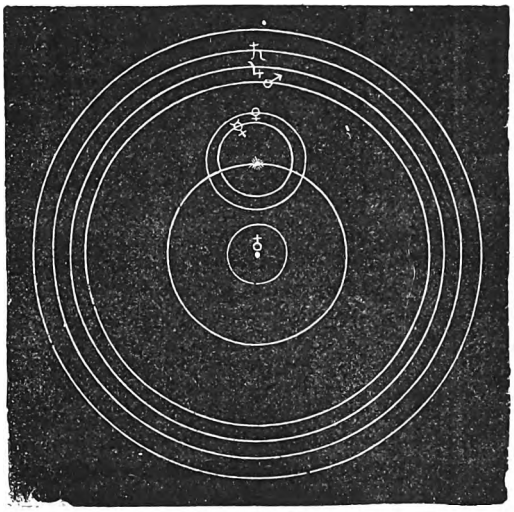


Fig 75. — Sistema di Marciano Capella, detto anche sistema Egizio.

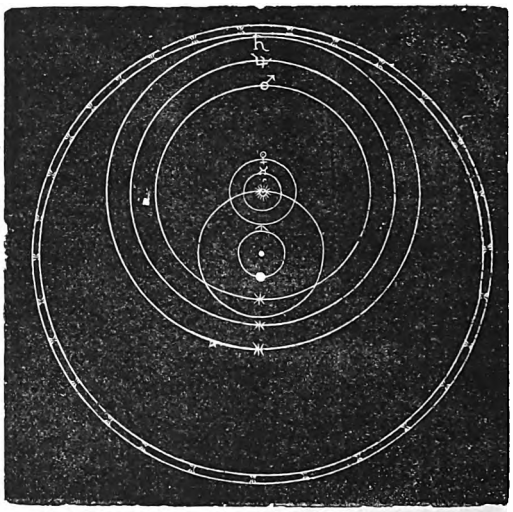


Fig. 76. — Sistema di Ticone Brahè (imitato dalla fig. a p. 97 del libro, *De mundi aetherei* ecc.).

Tuttavia la dottrina del Copernico non potè fare cammino primo di Galileo e del Keplero (3).

L'astronomo polacco aveva dichiarato che, come conseguenza del suo sistema, Mercurio e Venere doveano presentare delle fasi, paragonabili a quelle della luna (1). Nel dicembre del 1610 il telescopio svelava (2) al Galilei meravigliato le fasi di Venere quasi un anno dopo che nei *pianeti medicei* o nel sistema di Giove e dei suoi satelliti, gli aveva fatto scorgere un esemplare completamente visibile del sistema planetario maggiore. Le prove non potevano avverarsi più splendide e convincenti.

Ma se l'opera di Galileo con queste e colle altre scoperte sue e colle discussioni che ne seguirono apparve fondamentale per consacrare col cimento dei fatti la verità delle vedute copernicane, il nuovo sistema aveva bisogno di un legislatore, che, coordinate le dottrine, determinasse con sicurezza le norme colle quali si regge. E il legislatore apparve in Keplero.

Un diuturno e pertinace studio rivolto al pianeta Marte, il più prossimo a noi e il più acconcio a fornire una esatta idea del cammino dei pianeti, e 18 anni di calcoli e di meditazioni, gli permisero di formulare le leggi fondamentali del nostro sistema. Eccole in ordine metodico (3):

(1) T. Brahaeus, *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus*, Pragae, 1603, cap. VIII. in Brahè, *Opera omnia*, Francofurti, 1648, P. 2.ª a pag. 95. In questa parte il Brahè tratta specialmente *De cometa anni* 1577, ma nel cap. VIII espone le sue idee sul sistema planetario. Noi ne caviamo, riducendola, la figura 76.

(2) Schiaparelli, *I precursori* ecc. ed. ted., pag. 53 e 100.

(3) Combattuta o trascurata in Germania, al di qua delle Alpi essa trovò proseliti e due fervidi apostoli in Giordano Bruno e nel Campanella V. Berti, *Copernico*, p. 76 e seg.; — *Vita di Giordano Bruno*, passim.

(1) *De Revolut.* 1543, lib. I, cap. 10; pag. 7, verso.

(2) Almeno in tale epoca egli dava l'annuncio della scoperta. V. in Favaro, *Galileo*, ecc., 1.

(3) La prima di queste leggi, e veramente riguardo alla Terra, venne scoperta nel 1609, e solo più tardi estesa agli altri pianeti; la seconda legge, detta anche *legge delle aree*, venne scoperta pure in quell'anno 1609, ma enunciata solo nel 1622; finalmente la data precisa della terza legge è quella del 15 maggio 1618. Esse furono pubblicate nell'*Astronomia Nova*, parte IV., cap. 59; *nell'Harmonice Mundi*, libro V., c. 3; e nell'*Epitome Astronomiae copernicanae*, libro V., parte I., cap. 4. Vedi nella moderna edizione

Digitized by Google

1) i pianeti descrivono intorno al sole delle orbite elittiche di cui quest'astro occupa uno dei fochi;

2) le aree delle porzioni d'elisse percorse successivamente dalla retta che congiunge un pianeta col sole (raggio vettore) sono tra esse come i tempi impiegati a percorrerle;

3) i quadrati dei tempi che i pianeti impiegano a compiere le loro rivoluzioni intorno al sole sono tra essi come i cubi dei grandi assi delle loro orbite.

Piantiamo due spilli, F ed F' (Fig. 77) nel mezzo di un tavolino a una distanza qualsiasi uno dal-

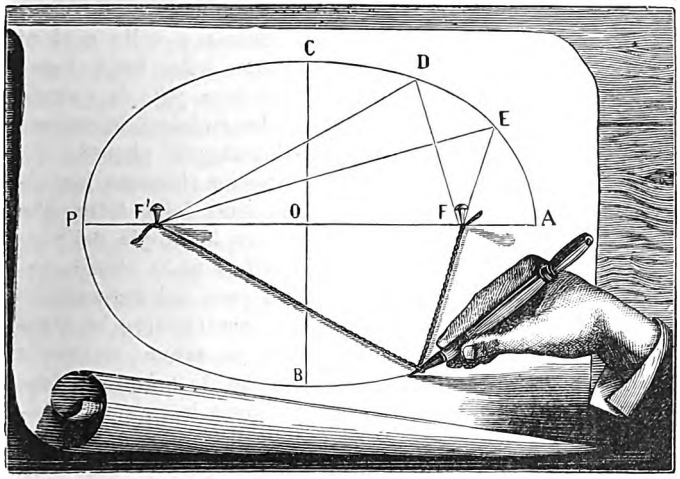


Fig. 77. — Costruzione empirica di un elisse.

l'altro. Prendiamo un filo più lungo di tale distanza, ma non più lungo di uno fra i lati minori del tavolino, e appicchiamone i due capi ai due spilli anteriormente confitti. Se quindi colla punta di una matita noi stiriamo il filo quanto possiamo e, avendo cura che esso non si accavalli sugli aghi, strisciamo colla punta sul tavolo, noi veniamo a costruire quella figura che si chiama *elisse*, cioè precisamente quella che si ottiene facendo passare attraverso un cono retto (Fig. 78) un piano non perpendicolare all'asse del cono, e che ne tagli tutto all'ingiro la superficie curva (1).

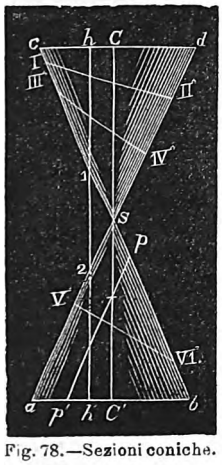


Fig. 78.—Sezioni coniche.

JOHANNIS KEPLERI, *Opera omnia*, ed *D. C. Fritsch*, Francofurti et Erlangae, Heyder et Zimmer, 1 vol. III (1860). p. 326 e seg.; V. (1864) pag. 274. e VI (1866) pag. 113 ecc.

(1) V. i piani I-II, III-IV e V-VI, nella fig. 78. È noto come l'*elisse* sia una delle cosidette *sezioni coniche*. Altre

Levati gli aghi, una retta PA (Fig. 77) condotta per i puuti dov'essi erano infitti, in modo che congiunga le due parti opposte della curva descritta sarà *l'asse maggiore* dell'elisse. Il suo punto di mezzo, O, sarà il *centro*, i punti F, ed F', occupati dagli aghi, i *fochi*, le due estremità dell'asse maggiore gli *absidi*, la retta CB che passando pel centro taglia ad angolo retto l'asse maggiore, sarà *l' asse minore*, cioè quello che rappresenta il più piccolo possibile dei diametri dell' elisse. La distanza dei fochi dal centro dell'elisse dicesi *eccentricità*. Una linea (FD, F'E ecc. nella fig. 77) condotta da uno dei fochi alla periferia dicesi *raggio vettore*. Fra le proprietà dell'elisse accenneremo a questa soltanto: che la somma di due raggi vettori (FD + F'D, F'E + FE) condotti dallo stesso punto della periferia a ciascuno dei fochi, presenta sempre lo stesso valore, qualunque sia il punto della periferia al quale concorrono.

La prima legge del Keplero adunque assegna alle orbite dei pianeti la forma di un'elisse, della quale il sole occupa uno dei fochi. Ne deriva, come prima conseguenza, che i pianeti, percorrendo la loro orbita, non possono mantenere eguale la loro distanza dal sole e che questa andrà variando da un minimo, detto *perielio*, ad un massimo detto *afelio*.

A chiarire la seconda legge de Keplero, detta anche *legge delle aree*, valga la fig. 79. Sia $P P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$ l'orbita elittica di un pianeta, sia S il sole che ne occupa uno de fochi, PP_1, $P_2 P_3$, $P_4 P_5$ siano gli

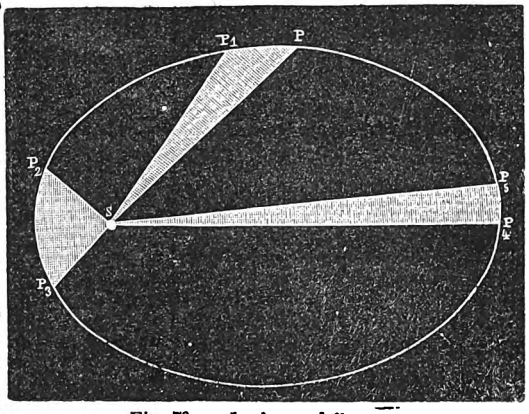


Fig. 79 — La legge delle aree.

sarebbero la *parabola* e l'*iperbole*. La *parabola* si ottiene facendo passare traverso un cono retto un piano parallelo ad uno dei suoi piani tangenti, p. es., il piano *p p'* nella fig. 78. — Se imaginiamo poi di avere due coni retti *a b c d*, uniti pel vertice *S* in modo che l'asse *C S* dell'uno sia il prolungamento dell'asse *C'S* dell'altro (fig. 78), un piano, che, senza passare per detto vertice, tagli entrambi i coni, genera delle sezioni a figura d'*iperbole*. Nella fig. 78 tale piano sarebbe rappresentato dalle rette *h1* ed *h'2*.

Digitized by Google

archi ch'esso pianeta percorre in tempi eguali, il secondo dei quali P_2P_3, prossimo al perielio, il primo PP_1, alquanto più lontano, P_4P_5 finalmente prossimo all'afelio. Se il raggio vettore del pianeta deve descrivere in tempi eguali aree eguali, le aree dei settori P_2P_3S, PP_1S e P_4P_5S debbono essere eguali fra loro. Ma come ci allontaniamo dal perielio e ci avviciniamo all'afelio, la lunghezza dei raggi vettori e quindi quella di due dei lati dei triangoli s'aumenta. Dovendosi mantenere uguali le superficie dei settori, ne viene quindi di necessità che s'accorci il terzo lato, cioè quello formato dai successivi archi PP_1 e P_4P_5 percorsi dal pianeta. Una evidente conseguenza di questa legge si è che i pianeti dovendo in tempi eguali percorrere archi più lunghi quando son prossimi al perielio e più brevi quando son prossimi all'afelio, saranno dominati da una velocità maggiore nel primo, minore nel secondo caso.

La terza legge concordante colle idee di una generale armonia, predominati nella mente del Keplero, esige di essere espressa in forma numerica piuttosto che geometrica. Già al Copernico s'era palesato il fatto che i pianeti più lontani dal sole impiegavano un tempo maggiore che non i pianeti vicini a compiere la propria rivoluzione intorno ad esso, anzi il tempo impiegato non era maggiore soltanto in ragione della orbita più lunga che ciascun pianeta doveva percorrere, ma anche in ragione di un procedere più lento. Così Marte, che era ad una distanza dal sole circa una volta e mezzo la distanza terrestre, qualora fosse stato dotato di una velocità di movimento pari a quella della Terra, avrebbe dovuto compiere il suo giro attorno al sole in un anno e $^1/_2$. Invece impiegava quasi due anni; dunque doveva procedere con velocità minore della velocità terrestre, Una fra i molti tentativi compiuti dal Keplero per cercare la legge secondo la quale si manifestava l'armonia fra le dimensioni delle orbite e gli anni planetari lo condusse a paragonare i cubi dei semiassi (distanza dal sole) di quelle coi quadrati delle rivoluzioni, e gli si svelò tosto l'accordo. Ripigliamo l'esempio della Terra e di Marte. Ritenendo uguale ad 1 tanto la distanza della Terra dal sole quanto la durata della sua rivoluzione, troviamo la distanza solare di Marte eguale ad 1.524 e la sua rivoluzione eguale ad 1.881 quello della Terra. Facciamo i cubi delle distanze, e i quadrati delle rivoluzioni, cioè moltiplichiamo le distanze due volte, le rivoluzioni una volta per sè stesse ed avremo:

	Cubi delle distanze	Quadrati delle rivoluzioni
Terra	1.	1.
Marte	3.540	3.538

cioè numeri che stanno fra loro in un rapporto eguale (1).

(1) Un altro esempio in un'altra forma ancora più semplice. Nettuno impiega 165 anni a fare un intiero giro ntorno al sole, e la sua distanza è circa 30 volte maggiore di quella della Terra. Moltiplicando il 165 una volta e il 30 due volte per sè stesso avremo in entrambi i casi in numeri tondi la cifra di 27000, che sarà il cubo del grande asse e il quadrato della rivoluzione di Nettuno.

Estendendo a tutti i corpi conosciuti all epoca di Keplero lo stesso computo, ne abbiamo una sorprendente evidenza di risultati.

Pianeti	Distanze	Rivoluzioni	Cubi delle distanze	Quadrati delle rivoluzioni
Mercurio	0.387	0 241	0.058	0.058
Venere	0.723	0.615	0.378	0 378
Terra	1 000	1.000	1.000	1.000
Marte	1.524	1.881	3.540	3.558
Giove	5.203	11.86	140.8	140.66
Saturno	9.539	29.46	868.0	867.9

Conseguenza importantissima di questa legge si fu la possibilità di ricavare immediatamente l'elemento ignoto, allorchè uno solo dei termini (distanza e rivoluzione di un pianeta) ci sia noto.

È certo che al suo tempo e colle nozioni che allora si possedevano delle leggi meccaniche, non si poteva fare più di quanto fece il Keplero per determinare le norme fondamentali del movimento di pianeti. E, d'allora in poi quelle norme rimasero incrollabili nell'assieme, ad onta della lotta che dovettero sostenere contro la utopia dei vortici cartesiani, tanto diffusi nello stesso secolo XVII (1), e dicasi pure nel seguente.

Ma se il Keplero — per ripetere la frase incisiva dello Schubert — aveva scritto il *codice* delle leggi cosmiche, la scienza attendeva ancora chi ne scrivesse lo *spirito*, e doveva passare un altro mezzo secolo dalla morte di lui, perchè essa potesse salutarlo in Isacco Newton (2).

E come questi non fu senza precursori (3), primi fra i quali il Galilei e l'Huyghens (4) quegli sopratutto colle scoperte sulla gravità, questi colle ricerche sulla forza centrifuga; così le leggi della gravitazione universale non si formarono ad un tratto nella mente del Newton simili a Minerva uscita bella ed armata dal cervello di Giove.

Fissò egli dapprima alcuni principî fondamensali: 1.° un corpo posto in movimento e sul quale non agisca alcuna forza, procede in linea retta e sempre con eguale velocità;

(1) CARTESIUS (DESCARTES). R., *Principia Philosophiae*, Amstelodami 1664, Elzevir. V'è una trad ital. col titolo: *I principî della filosofia di Renato Descartes, trad. da* GIUSEPPA e LEONORA BARBAPICCOLA, *tra gli arcadi* MIRISTA, Torino, Mairesse, 1722.

(2) NEWTONUS, I, *Philosophiae naturalis principia mathematica*; Londini, 1687.

(3) V. *I precursori inglesi del Newton*, trad. dall'ingl. di A. FAVARO, Roma, tipogr. delle scienze matem e fisiche, 1881.

(4) Ai quali vanno aggiunti il Borelli e l'Hooke.

Digitized by Google

2.° qualora una forza agisca sopra un corpo in movimento, esso, dalla direzione seguita giusta la 1.ª legge, devierà nel senso della forza modificatrice e le sarà proporzionale; 3.° azione e reazione sono eguali e contrapposte. Poscia, non trovando sul globo corpi in movimento liberi da azioni estranee e che potessero servirgli di esempio, portò la sua attenzione sul moto della luna intorno alla Terra, tentando di applicarvi i proprî principî meccanici in base alle leggi del Keplero. Ciò che per questo astronomo era stato lo studio di Marte, fu pel Newton quelle dei moti lunari e dell'attrazione che reciprocamente esercitano, l'una sull'altra, la Terra e il suo satellite. Un concetto erroneo della grandezza terrestre gli rese frustranei per anni ed anni tutti i mirabili sforzi della mente, tutti i calcoli variamente imaginati, finchè per un caso fortuito, avuta contezza del valore che il Picard aveva attribuito al diametro terrestre, nel 1682 si accinse di nuovo al lavoro e ne ebbe la legge agognata, secondo la quale: — la forza che trattiene la luna nel suo cammino è la stessa, che fa cadere una mela, un sasso sul globo, solo diminuita nel rapporto del quadrato della distanza che separa i due corpi dal centro terrestre (1).

1) L'osservazione aveva mostrato che la caduta di un grave alla superficie del globo è pari a 4.^{m}9 nel primo secondo di tempo. Quindi il doppio di questa cifra 9.^{m}8, spazio percorso e velocità acquistata dopo un secondo di caduta, serve di misura alla intensità della forza che agisce sull'unità di massa di un corpo alla superficie terrestre. Supposta vera la legge, secondo la quale *l'attrazione è in ragione inversa ai quadrati delle distanze* e sapendo che la luna è lontana da noi 60 (più esattamente 60.27) raggi terrestri, l'intensità dell'attrazione che la terra esercita sulla luna considerata come un'unità di massa sarà eguale al numero 9.8 diviso per 3600 (quadrato di 60). Ne avremo per l'intensità dell'attrazione terrestre sulla luna il valore di 0.0027. Se però il movimento della luna è paragonabile a quello di un grave che cade alla superficie terrestre, la *caduta* di quel nostro satellite dovrebbe essere anch'essa 3600 volte più lenta che non quella che si nota sul globo. Per conoscere tale caduta è d'uopo sapere la lunghezza dell'orbita lunare e il tempo che la luna impiega a percorrerla. La circonferenza dell'orbita essendo di 2,420,000 chilom. circa e la durata di una rivoluzione siderea lunare 2,360,591 secondi circa (27g.322) si ha per la luna una velocità di m. 1026 al secondo. Per ottenere per tale via la misura della forza che la Terra esercita sulla luna, le leggi meccaniche c'insegnano a dividere il quadrato di tale velocità della luna pel raggio della suo orbita. Il quadrato di tale velocità è di 1,052,676; il raggio medio dell'orbita lunare è di 385,000,000m. circa; il rapporto fra questi due numeri è ancora quel valore di 0.0027 da noi trovato dapprincipio. Ciò vuol dire che il moto orbitale della luna è veramente prodotto da quella istessa forza che fa cadere i corpi sulla superficie terrestre.

Vedemmo come, per praticare i computi accennati, oltre la intensità della gravità sul globo sia necessario conoscere esattamente il tempo della rivoluzione lunare e la distanza della luna dalla Terra. Il primo elemento all'epoca del Newton era noto. Pel secondo era mestieri conoscere anzitutto con precisione le dimensioni del raggio terrestre. Ora il Newton avea fin dal 1666 assunto come valore del raggio terrestre la lunghezza di 5240 chil., ai suoi tempi generalmente adottata, ma notevolmente inferiore alla vera. Ne risultava una discordanza di $\frac{1}{7}$ nei dati finali, per cui egli smise dai calcoli diffidando della grande legge che stava per dimostrare, nè li riprese prima del 1682, cioè allorchè per un caso gli vennero riferiti i dati risultanti dalla nuova misura della Terra compiuta dal Picard, pochi anni prima. Introdotti nel calcolo i nuovi elementi, l'accordo dei risultati gli appalesò evidente la legge da lui concepita.

Accertato ciò, un breve passo lo condusse a formulare le grandiose leggi che sono base della dinamica planetaria. Esse sono:

1. la forza che sollecita i pianeti è diretta verso il centro del sole;

2. tale forza è in ragione diretta delle masse dei pianeti e in ragione inversa dei quadrati delle distanze dei loro centri dal centro del sole.

La prima legge, che riesce evidente a chi ha famigliari le nozioni della meccanica, può essere chiarita a mezzo di un'esempio dacchè una metodica esposizione dei principî scientifici e il loro svolgimento, soverchiamente ci devierebbero dal nostro cammino.

Ora, non è difficile comprendere la legge, secondo la quale cade un grave, pensando ch'esso percorre 5^{m}. nel primo secondo di tempo, 15^{m}. nel secondo, 25^{m}. nel terzo, cioè il triplo, il quintuplo e così di seguito nei casi successivi (1). Se poniamo che, invece di cadere verticalmente, un corpo sia lanciato in direzione orizzontale, come è il caso di una palla da cannone; ne avverrà che, in causa della gravità, esso devierà dalla retta lungo la quale è lanciato precisamente di 5^{m}. durante il primo secondo, di 15^{m}. nel secondo, di 25 nel terzo e così di seguito, avvicinandosi alla Terra di analoghe quantità nei tempi successivi, appunto come nel caso ordinario. Sia *A B* (Fig. 80) una parte della superficie terrestre ed *A D* una retta orizzontale in *A*, ovvero la direzione secondo la quale un osservatore posto in *A* potrebbe traguardare mediante un cannocchiale collocato orizzontalmente. Grazie alla curvatura della terra la superficie di questa, dopo il primo chilometro sarà divergente da questa visuale di 13 centim., dopo il secondo chilometro di altri 39 centim., e così di seguito. Alla distanza di 8 chilom. la deviazione ammonterà a 5^{m}; a quella di 16 chilom. bisognerà aggiungere a questi 5^{m}. il loro triplo e quindi si avrà una deviazione totale di 20$_{m}$; in somma tale deviazione segue la legge di caduta dei corpi. Adesso supponiamo che dalla sommità di una elevata montagna *C* si lanci una palla da cannone in direzione orizzontale Quanto maggiore sarà la

(1) In virtù della nota legge meccanica che i *moti percorsi dai gravi nelle singole successive unità di tempo contate dal principio del moto, crescono in proporzione della serie seguente*: 1, 3, 5, 7, 9, *ecc. cioè dei numeri dispari*. Si avverta che quel valore di 5^{m}. è solo approssimativo. Un grave cadente percorre nel 1.° secondo di tempo in media 4.^{m} 91.

Digitized by Google

sua velocità, di altrettanto la palla andrà più lontana prima di raggiungere il suolo. Supponiamo ancora ch'essa sia lanciata colla velocità di 8 chilom. al secondo e che non trovi nessuna resistenza nell'aria che deve traversare. Sia *e* un punto sulla retta *CE*, distante da *C* appunto 8 chilom. Una volta che la palla debba impiegare 1 secondo per arrivare

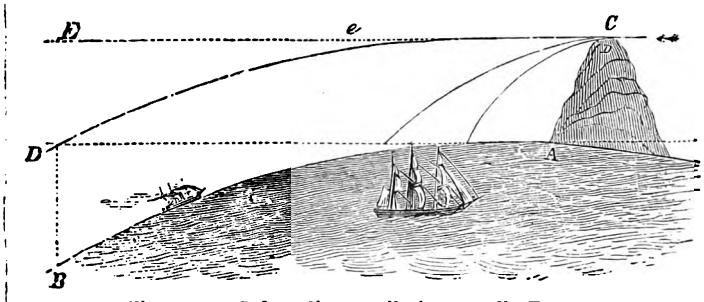


Fig. 80 — Caduta di una palla intorno alla Terra.

in *e*, secondo la legge di gravità, essa, raggiunto quel punto, si troverà di 5m. più bassa che quello non sia. Ma ad 8 chilom. di distanza anche la curva terrestre è deviata dalla orizzontale precisamente di 5m. Dunque la palla non sarà in quel momento per nulla più vicina alla Terra di quando partiva dal cannone. Durante il secondo minuto secondo la palla dovrebbe arrivare in *E*, ma per ragione della legge di gravità si troverà deviata in basso di 15m. più che non lo fosse in *e*, e in totale di 20m. dalla orizzontale. Ma qui si ripete il caso osservato di sopra, vale a dire che anche la curva terrestre a pari distanza di 16 chilom. si trova deviata dalla orizzontale di 20m. e che quindi di pari quantità distano fra loro i due punti *D* e *B*. Analogamente avverrebbe se proseguissimo l'esempio. La palla quindi, qualora nessun ostacolo materiale vi si opponesse, proseguirebbe il suo cammino mantenendo invariabile e la sua velocità e la sua distanza dalla superficie terrestre: in altre parole essa cadrebbe continuamente girando intorno alla Terra, e compirebbe il suo giro in 1 ora 24m., nel quale tempo avrebbe di nuovo raggiunto il punto *C* d'ond'era partita. Essa sarebbe diventata dunque un vero e reale satellite della Terra, una luna con dimensioni minime. E analogamente avviene dei varî pianeti rispetto al sole. Tanto per la luna, quanto pei pianeti il paragone è completo, anche se adesso non possiamo additare la causa impellente il moto è paragonabile a cannone rispetto alla palla. Giova però avvertire che, anche se noi potessimo (come finora non possiamo) imprimere a una palla la velocità di 8 chilom. al secondo, l'esperimento terrestre per mostrare in atto la cosa non sarebbe eseguibile stante la resistenza opposta dall' aria, per cui la palla, costretta ben presto a perdere la forza orizzontale, dovrebbe in breve raggiungere la superficie terrestre. Tuttavia osservando semplicemente quanto succede in questo caso e riflettendo al fatto che il moto del projettile per tutta la sua durata non è mai diretto verso il centro della Terra, verso cui pure lo attrae la forza di gravità, è facile avere una conferma della piena analogia del suo moto con quello dei pianeti attorno al sole, e dei satelliti attorno ad un pianeta primario.

In quanto concerne il rapporto tra la forza della gravità e le masse, non v'è bisogno di dilucidazione.

Parimenti è assai nota la legge secondo la quale la forza di gravità è in ragione inversa dei quadrati delle distanze. Essa significa che collocando dei corpi a varie distanze, rappresentabili coi numeri 1, 2, 3, 4, 5, ecc., dalla Terra, la forza di gravità per ciascuno di essi sarà data dai numeri 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$, $^1/_{25}$ e così di seguito.

Questa legge s'accorda completamente colla terza legge di Keplero (1).

Colle leggi del Keplero, con quelle della gravitazione universale, fissate, o, forse meglio splendidamente dimostrate dal Newton, al sistema planetario si venne a riconoscere un ordinamento la cui grandiosa armonia s'accorda con una meravigliosa semplicità. Difatti quelle leggi si palesano strettamente vere per i pianeti rispetto al sole, pei satelliti rispetto ai

(1) Poniamo di avere dei pianeti, i quali, invece che elissi, descrivano delle circonferenze di circolo aventi dei raggi proporzionali ai numeri (**Serie I**) 1, 2, 3, 4, 5 .... ecc. La velocità di ciascuno fra essi sarà data dalla circonferenza ch'esso descrive divisa pel numero di secondi impiegati a percorrerla, e il quadrato di tale velocità sarà eguale al quoziente che si ottiene dividendo il quadrato della circonferenza pel quadrato della sua rivoluzione. Ma i quadrati delle circoferenze sono proporzionali ai quadrati dei raggi che le descrivono, quindi nel caso nostro essi staranno come i numeri:

(**Serie II**) 1, 4, 9, 16, 25 .... ecc.

D'altronde la terza legge di Keplero c'insegna che i quadrati dei tempi stanno fra loro come i cubi dei grandi assi delle orbite, i quali grandi assi, nel nostro caso corrispondono ai diametri dei cerchi descritti dai pianeti, ovvero, trattandosi di numeri proporzionali, ai raggi di tali cerchi. Tali cubi saranno proporzionali ai numeri:

(**Serie III**) 1, 8, 27, 64, 125 . . . ecc.

Quindi dovendo, come dicemmo, cavare il quadrato della velocità dei pianeti dividendo i numeri della serie II^a per quelli della serie III, cioè 1, 4, 9, ecc., per 1, 8, 27, ecc, avremo i quadrati di tali velocità, i quali staranno fra loro come i numeri.

(**Serie IV**) 1, $^1/_2$ $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ . . . ecc.

Dalle leggi della meccanica sappiamo tuttavia che per avere la misura della forza che agisce sopra l'unità di massa di ciascuno fra i varî pianeti bisogna dividere il quadrato della sua velocità pel raggio del cerchio di cui esso percorre la circonferenza. Ora tali quadrati della velocità son dati dalla serie IV, i raggi dei cerchi sono dati dalla serie I: dividendo quella serie per questa si ottiene la misura della intensità delle forze che agiscono sulle masse dei singoli pianeti, misura che noi cercavamo e che sarà data dai numeri:

(**Serie V**) 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$, $^1/_{25}$ . . . ecc:

ciò che mostra pieno l'accordo tra le leggi di Keplero e quella della gravitazione universale

Digitized by Google

pianeti primari, per qualsiasi altro corpo ad orbita più allungata quali le comete o gli sciami meteorici, tanto che per induzione si potrebbero applicare (e, come lo vedemmo, si applicarono) a sistemi mondiali ben trascendenti i limiti del solare.

Ma il principio meccanico fondamentali per cui *tutte le molecole materiali esercitano una vicendevole azione le une sulle altre*, rese necessarie nuove investigazioni per applicare quelle leggi a seconda delle singole circostanze. Nei casi precedenti noi supponemmo sempre limitata l'azione a due sole masse che si attraggono reciprocamente. È facile però comprendere che ciò non si avvera mai nel fatto Anche limitatamente al nostro sistema, le masse che attraggono son molte, non solo: esse cangiano fra loro continuamente posto e distanza. È naturale quindi che ne derivino una serie di *perturbazioni*, le quali si manifestano da un lato colle così dette *ineguaglianze*, cioè con accelerazioni e ritardi nel moto dei pianeti, e dall'altro con certe leggere deviazioni dalla forma veramente elittica delle orbite seguite dai varî corpi. Da tali perturbazioni, delle quali noi potemmo avere un'idea allorchè parlammo del modo di determinare la massa del sole (1), ne derivò il famoso *problema dei tre corpi*, posto e risolto intorno al 1747 dall'Eulero, dal d'Alembert e dal Clairaut, ciascuno indipendentemente dagli altri due. Da quell'istante la meccanica celeste, per quanto concerneva i pianeti, procedette spedita, poichè la via era sgombra di ostacoli.

Forse più lento proseguì lo studio delle orbite spettanti alle comete, i cui periodi già fin dal 1658 erano stati determinati dall'Halley. Orbite elittiche o paraboliche od iperboliche talvolta arditissime, sempre di difficile determinazione, straordinaria esilità di masse suscettibili quindi di numerose e complicate perturbazioni, vario e temporaneo apparire tutto si riuniva a rendere piu difficile la soluzione del problema che concerne il moto delle comete. Tuttavia, posto dal Clairaut, esso pure per opera del Lagrange, del Bessel e dell'Encke si può ormai dire in gran parte risolto.

2. Tali risultano, esposte per sommi capi, le norme fondamentali del sistema solare, sicchè retti da esse, si agitano indefessamente attorno alla loro stella, il sole, almeno 274 corpi e cioè:

(1) V. a pag. 57 di quest'opera.

241 pianèti, dei quali 8 più grandi degli altri;

20 lune o satelliti (1 intorno alla Terra, 2 a Marte, 2 a Giove, 8 a Saturno, 4 ad Urano, ed 1 a Nettuno);

1 anello complesso (quello di Saturno);

12 comete periodiche;

alcuni sciami di polveri meteoriche.

A questi corpi a noi noti è possibile e forse probabile che si possano aggiungere colle ulteriori scoperte;

uno o più pianeti posti fra Mercurio ed il sole, altri collocati oltre l'orbita di Nettuno e un numero considerevole di pianetini;

almeno 3 satelliti, cioè 2 spettanti ad Urano ed 1 spettante a Nettuno;

parecchie comete periodiche:

parecchi sciami meteorici.

Dopo quanto dicemmo, una definizione dei *pianeti* sarebbe superflua. Corpi opachi di forma sferica o poco diversa dalla sferica, essi si aggirano in orbite elittiche attorno al sole. Osservati nel cielo si distinguono dalle stelle per luce più mite, di rado scintillante e solo di vigore mutabile a periodi regolari e lenti, per variabilità di posto facile a riconoscersi da una notte all'altra, dalla quale ultima circostanza il loro nome di *pianeta* o corpi erranti (1).

In ordine di distanza dal sole gli otto maggiori fra essi vennero designati coi nomi di Mercurio (☿), Venere (♀), Terra (♁), Marte, (♂), Giove (♃), Saturno (♄), Urano (♅), e Nettuno (♆). Ma fra Marte e Giove rota una folta schiera di *asteroidi* o *piccoli pianeti* o *pianetini*, dei quali i più vicini al sole sono *Flora* ed *Arianna*, i più lontani *Ismene* ed *Hilda*, ma i più noti *Cerere* (⚳), il primo scoperto, *Vesta* (⚶), *Pallade*, ecc. cioè generalmente i più grandi.

Le distanze dei pianeti dal sole, in linea generale, seguono una certa norma (2) e, fatta eccezione per Nettuno, mostrano un andamento regolare e progressivo. Per comodità di calcolo esse, come parecchî altri elementi del sistema, vengono espresse anzitutto con valori relativi, considerando come misura unitaria la distanza che separa la Terra dal sole. Sapendo quindi come tale distanza si possa in via approssimativa ritenere eguale a 149.3 milioni di chilom. nella media (3), è facile avere in chilometri la distanza dei singoli

(1). V. a pag. 2.
(2) V. Prospetto XV e la Tavola VI, Sistema solare, dell'Atlante.
(3) V. a pag 57 di quest'opera.

Digitized by Google

pianeti, quando la si conosca espressa in distanze terrestri.

Un certo sentimento di misticismo che lo dominava sovente e forse la ricordanza delle dottrine pitagoriche sull' armonia delle sfere, aveano già al Keplero fatto pensare che gl'intervalli tra pianeta e pianeta seguissero secondo rapporti esatti e quindi si potessero esprimere mediante una formula numerica. Tale formula fu poi nel 1741 enunciata forse per la prima volta dal Wolf, poscia nel 1766 ripetuta da Tietz (Titius) e solo più tardi, cioè nel 1778, largamente diffusa dal Bode del quale porta solitamente il nome (1).

Si abbia la serie:

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384,

composta di tali numeri, che, tranne nel caso dei primi, ognuno di essi è doppio dell' antecedente. Aggiungiamo a ciascuno di essi il numero 4 ed avremo la nuova serie:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388.

Ora, se alla Terra assegniamo una distanza rappresentabile col numero 10, noi troveremo che le distanze medie relative dei pianeti giusta quanto la scienza oggi riconosce, sono designate dalle serie seguenti (2):

Merc.	Ven.	Ter.	Mart	Pianetini.	Giove.	Sat.	Ur.	Net.
3.9	7.2	10.0	15.2	21-39	52.0	95.4	191.9	300.6
☿	♀	♁	♂		♃	♄	♅	♆

che differisce dalla precedente di pochissimo per i primi elementi, e non si allontana di molto se non pel numero che rappresenta la distanza di Nettuno.

Però la considerazione che i due numeri analoghi non si corrispondono mai con perfetta esattezza, e anzi nel caso di Nettuno si discostano di molto, e che la serie matematicamente è monca fin dal principio, non permette di riconoscere alla regola di Bode il carattere di vera legge, ma tutt'al più quello di aiuto mnemonico e didattico per le distanze planetarie (3).

Una semplice occhiata ai nostri prospetti mostra che tali distanze dal sole sono assai

(1) J. D. TIETZ, noto sotto il nome latino di *Titius*, intercalò tale regola nel testo della 1.ª ediz. ted. dell'opera del BONNET, *Contemplation de la Nature*, uscita nel 1766, quindi in nota e col proprio nome nella 2.ª ediz. del 1772. Però ad un articolo del prof. WURM pubblicato nella *Monatliche Correspondenz* del bar. VON ZACH, Gotha, 1803, pag. 74, fa seguito una *Notiz* in cui parlando della regola di Titius o di Bode, si rammenta come prima di loro ne abbia fatto parola il barone Wolf e ciò fino dal 1741 in *Gedenken von den Absichten der natürlichen Dinge*, 4.ª Aufl. 1741., p. 139.

(2) V. **Prospetto XV**, colonna 4.

(3) Non è però senza importanza il fatto che regole analoghe a quella di Bode, ma solo svolte sopra serie a diverso andamento valgano a dare le distanze approssimative dei satelliti dal pianeta primario anche nei sistemi di Giove, di Saturno e di Urano. V. in proposito *Annuario s ient. ed industr.*, Anno VII., 1870, pag. 42 e più oltre.

diverse le une dalle altre. Così la Terra dista dal sole due volte e mezza più di Mercurio, e Nettuno ben 30 volte quanto la Terra, quindi oltre 77 volte più che non quel primo pianeta. Volendo, ad esempio collocare sopra il pavimento di una sala dei punti discosti da un centro come lo sono in proporzione i pianeti dal sole, posto Mercurio ad 1^m, Venere dovrebbe esser posta a 1.8, la Terra a 2.5, Marte a 3.9, i pianetini fra 5.4 e 10, Giove a 13.3, Saturno a 24.5, Urano a 49.2 e Nettuno a 77.1 metri di distanza da quel centro. Poche sale quindi si troverebbero capaci di contenere l'intero sistema rappresentato con tali dimensioni (1).

L'orbita terrestre serve a separare due categorie di pianeti, cioè quella dei pianeti *superiori* i quali descrivono una circonferenza più ampia di quella della Terra, e la categoria dei pianeti *inferori*, l'orbita dei quali resta compresa dalla terrestre. Però, approfittando della zona che le fitte orbite della folla dei pianetini formano tra Marte e Giove, si è ancora adottata un'altra divisione, quella fra pianeti *esterni* ed *interni*, designando col primo qualificativo i pianeti che colla loro orbita circuiscono quella zona, col secondo i pianeti le orbite dei quali restano abbracciate dalla medesima zona. Anzitutto tale divisione presenta le opportunità di separare i maggiori pianeti in due categorie disinte per grandezza,

Difatti le *grandezze reali* dei pianeti, per quanto differenti tra loro, dànno origine a tre aggruppamenti diversi: quella dei *piccoli* (i pianetini), dei *medi* (Mercurio, Venere, Terra e Marte) e dei *grandi* pianeti (Giove, Saturno, Urano e Nettuno) in modo che i pianetini stanno frammezzo. Basare delle divisioni soltanto sopra diversità di grandezza non è logico, quando non ci siano altre divergenze; ma qui esse non mancano, come vedremo trattando delle densità dei pianeti e della durata delle loro rotazioni.

È certo che, fatta la media dei diametri dei quattro pianeti interni e quella dei diametri dei quattro esterni (2), si trova che questa è decupla di quella (Fig.81) e quindi che in media il volume di questi è 1000 volte maggiore dei volumi di quelli. Il rapporto sarebbe ancora più forte pei pianetini, il diametro di nessuno dei quali finora si conosce con certezza; ma

(1) La Basilica di S. Pietro in Roma potrebbe contenere le distanze dei pianeti disposte nella sua navata centrale lunga 187 m., ma non già della trasversale, lunga 66 m.

(2) V. il Prospett **XV**, e la **Tavola VI. Sistema solare dell'Atlante.**

Digitized by Google

che appunto per questo si riputò certamente inferiore in media ad $^1/_{100}$ del diametro terrestre, ciò che ridurrebbe il loro volume medio inferiore di migliaia e forse di milioni di volte a quello degli stessi pianeti interni.

Degli otto pianeti maggiori, il massimo è Giove, il cui diametro supera di 11.11 volte il diametro terrestre, e siccome i rapporti di superficie e di volume stanno come i quadrati e i cubi, la sua superficie supera di 11.11 × 11.11 = 123, e il suo volume di 123 × 11.11 = 1370 volte la superficie e il volume della Terra. Gli stessi rapporti rispetto a Mercurio darebbero a Giove un diametro 30 volte, una superficie 900 volte e un volume 27000 volte maggiore. Invece il diametro della Terra è soltanto quasi 3 volte, la sua superficie 7 od 8 volte e il suo volume 20 volte maggiore di quelli di Mercurio. Finalmente quello tra i pianeti che per dimensioni più s'approssima alla Terra è Venere, il cui diametro sarebbe $^{99}/_{100}$, la superficie $^{98}/_{100}$ e il volume $^{97}/_{100}$ del diametro, della superficie e del volume terrestre.

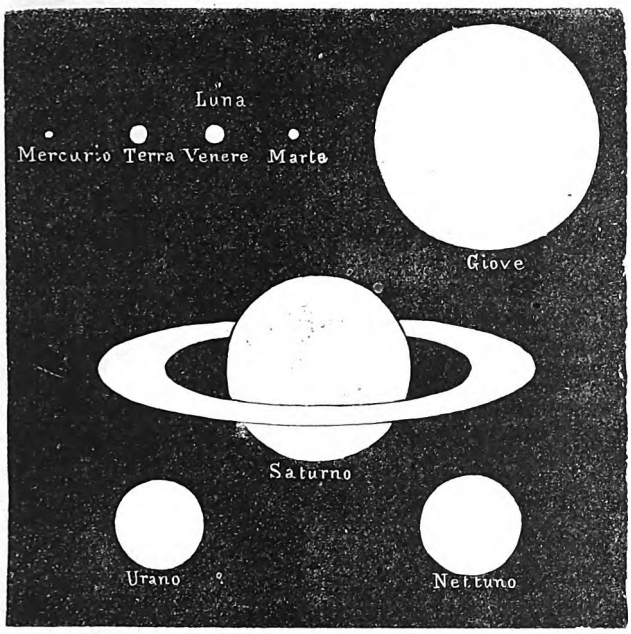


Fig. 81. — Paragone fra le vere dimensioni dei pianeti.

Tutti assieme sommati, i volumi dei pianeti (1) possono ragguagliarsi a 2368 volte il volume della Terra e tuttavia si sarebbe ben lungi ancora dell'avvicinarsi a quello del sole che sarebbe circa 580 volte maggiore di tale volume complessivo.

A prima aspetto, i pianeti hanno sembianza di sfere perfette. Una più attenta considerazione mostra per alcuni di essi, e precisamente per Giove, per Saturno e per Urano, una differenza fra il diametro polare e l'equatoriale, e quindi uno *schiacciamento* (1) pel primo di $^1/_{16}$ (2), pel secondo, e per l'ultimo di una quantità oscillante fra $^1/_9$ e $^1/_{10}$ (3).

Per gli altri pianeti i dati sono incertissimi; s'inclina a ritener nulla la depressione polare per tutti i pianeti interni, meno che per la Terra, lo schiacciamento della quale si sa essere eguale a circa $^1/_{290}$ del suo diametro equatoriale. Ora il piccolo valore dello schiacciamento terrestre e la presumibile sua esiguità nei pianeti medi, da un lato, e dall'altro il forte schiacciamento di Giove, di Saturno e di Urano, son fatti consentanei coi divers rapporti di volume, di massa e di durata della rotazione, esistenti fra i pianeti interni ed esterni.

Ciò tuttavia riguarda le dimensioni reali dei pianeti. Ben diverse sono le loro *grandezze apparenti*. Anzitutto a noi più grandi degli altri si mostrano due pianeti: Venere e Giove, dei quali l'uno, Giove, è realmente il maggiore fra tutti, e Venere va fra i medî pianeti ed ha una superficie reale forse 130 volte minore di quella del suo splendido collega. Di più uno stesso pianeta, e Venere può fornirne bellissimo esempio, si mostra di grandezze assai diverse in tempi diversi. Tutto questo è semplice effetto della distanza in cui essi si trovano dalla Terra. Quindi Nettuno ed Urano, ad onta della loro grandezza, ci appariranno più piccoli di Marte e di Venere non

(1) E' cioè per

Mercurio	0.05	Giove	1370.0
Venere	0.97	Saturno	817.0
Terra	1.00	Urano	61.0
Marte	0.15	Nettuno	118.0
		Totale	2368

(1) V. **Prospetto XV**, col. 14.

(2) Gli ultimi dati starebbero piuttosto per $\frac{1}{17.5}$ (Houzeau. pag. 650.)

(3) W. Mayer assegnava nel 1881 a Saturno uno schiacciamento di $\frac{1}{14.5}$ (Houzeau, pag. 693). Di solito tuttavia ancora si accetta per esso lo schiacciamento di $^1/_9$.

Ad Urano il Mädler nel 1849 assegnava uno schiacciamento di c.a $\frac{1}{9.5}$ (Houzeau, p. 731), confermato dalle recenti osservazioni dello Schiaparelli (V. più avanti).

Digitized by Google

solo, ma nello stesso Mercurio (1), e soltanto la grandezza di Giove sarà capace di vincere la sua distanza, e perciò esso, così in apparenza come nella realtà, sarà il massimo dei pianeti. Quindi, nella media, è seguito d'appresso da Venere, poi verranno quasi eguali fra loro in apparenza: Saturno e Marte, poi Mercurio, finalmente Urano e Nettuno, quest'ultimo invisibile ad occhio nudo. Va però avvertito di non confondere tale apparente grandezza dei pianeti visti dalla Terra col loro apparente splendore. Quella si riduce unicamente all'angolo che il loro diametro sottende e quindi dipende solo dalla distanza,

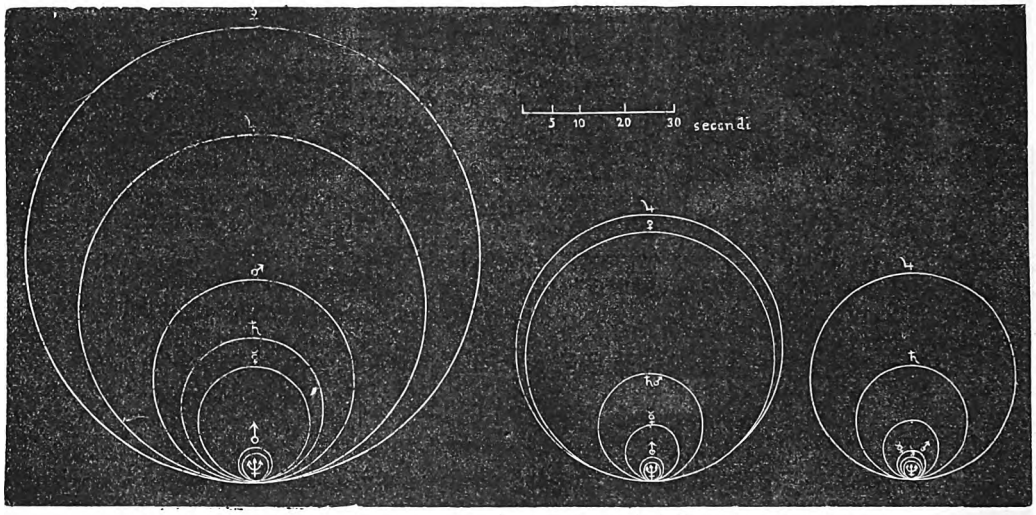


Fig. 82 — Grandezza apparente massima, media e minima dei pianeti, visti dalla Terra

da noi; lo splendore è ancora influenzato dalla maggiore o minore distanza dal sole.

È curioso poi pensare alla grandezza apparente che offrirebbero i pianeti se noi ci portassimo a nostra volta sul sole. Di là il loro aspetto sarebbe diverso. Lo stesso o quasi identico diametro (Fig. 83) sarebbe presentato da pianeti di dimensioni diversissime, cioè da Mercurio, dalla Terra e da Saturno superati del doppio da Giove e di una volta e mezza da Venere; il diametro di Marte non raggiungerebbe la metà del terrestre, e piccolissimi apparirebbero quelli di Urano e di Nettuno, dal sole ancor meno visibili ad occhio nudo (data sempre la nostra potenza visiva) che non siano dalla Terra.

(1) Ecco i diametri apparenti dei pianeti del sole e della luna, secondo il CHAMBERS, *Astronomy*, pag. 898.

	Diametri apparenti visti dalla Terra			visti dal sole
	Mass.	Min.	Medii	Medii
Mercurio	12."9	4."5	8."7	17."3
Venere	66. 5	9 7	38. 1	23. 4
Terra				17. 6
Marte	30 4	4. 1	17. 3	7. 3
Giove	50. 7	30. 8	40. 7	38. 3
Saturno	20. 3	14. 6	17. 5	17. 0
Urano	4. 3	3. 5	3. 9	3. 9
Nettuno	2. 9	2. 6	2. 8	2. 8
Sole	32.'36 4	31.'32.12	32.'4. —	
Luna	33 31. 2	28. 37.00	31.8. 1	4. 8

Dicemmo che uno stesso pianeta non presenta sempre la medesima grandezza se visto dal nostro globo. Difatti, variamente solleci-

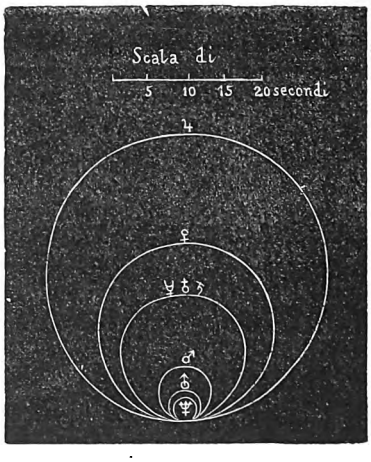


Fig. 83. — Apparente grandezza dei pianeti visti dal sole.

tati nelle loro orbite, i pianeti ora si avvicinano ora si allontanano da noi. È facile comprendere come le differenze nelle distanze, e quindi nelle grandezze apparenti, devono riuscire massime nei pianeti più vicini, minime nei pianeti meno vicini alla Terra. Se supponiamo che la Terra stia per un momento im-

Digitized by Google

mobile, uno fra i pianeti più prossimi ad essa Venere p. es., descrivendo la sua orbita, passerà alternativamente dalla posizione più vicina alla più lontana, e precisamente la più vicina accadrà nella cosidetta *congiunzione inferiore*, cioè quando Venere si troverà nello spazio frapposto tra la Terra ed il sole. Siccome valutando eguale ad 1.00 la distanza fra la Terra e il sole, quella fra Venere e il sole si giudica eguale a 0.72, ne rimarrà fra Venere e la Terra una distanza rettilinea eguale a quella prima, diminuita di questa seconda, cioè pari a 0.28. Ridotta in chilometri, tale distanza si può computare a circa 41 milioni di chilometri (1).

Ma Venere continuando la sua rivoluzione, dopo alcuni mesi si troverà al di là del sole, cioè in tale punto che è noto sotto il nome di *congiunzione superiore*. Allora essa sarà lontana dalla Terra di tutta la distanza che separa questa dal sole aumentata della distanza che separa Venere dal sole stesso, cioè di 1.00 + 0.72 o, riducendo tale valore in cifre assolute, di 257 milioni di chilometri (2). Paragonando fra loro i numeri relativi 0.28 e 1.72, ovvero i 41 e i 257 milioni di chilometri, si vede che Venere può parere almeno 6 volte più grande quando si trova a noi prossima, che non nel caso contrario.

Per Marte tale differenza è alquanto maggiore perchè oltrepassa le 7 volte, per Mercurio non arriva a 3, per Giove appena oltrepassa 1 volta e $^1/_2$, per Saturno non arriva a tale rapporto e per Urano e Nettuno è piccolissima. Diffatti considerato quest'ultimo pianeta nell'*opposizione*, e cioè nel momento in cui la Terra si interpone fra esso ed il sole, la sua distanza da noi è uguale a 30 — 1, cioè a 29, considerato nella *congiunzione*, tale distanza diventa 30 + 1, cioè uguale a 31 e quindi di circa $^1/_{15}$ o $^1/_{16}$ superiore a quella del primo caso.

E ancora naturale che tali apparenti dimensioni dei pianeti variino continuamente, anche in relazione delle condizioni *afelie* e *perielie* in cui essi e la Terra stessa si trovano in un dato momento. Poniamo per es. che un pianeta superiore si trovi nell'istesso momento in opposizione e al perielio, e che la Terra allora sia all'afelio, quindi quello avvicinato al sole, questa scostata da esso. Ne avverrà che la Terra e il pianeta si troveranno in una condizione estremamente favorevole di prossimità (1) e lo stesso avviene per un pianeta inferiore che durante la propria congiunzione inferiore si trovi all'afelio, mentre la Terra è al perielio. D'altra parte nelle congiunzioni dei pianeti superiori e nelle congiunzioni superiori dei pianeti inferiori, se essi si trovano all'afelio contemporaneamente alla Terra, avremo la condizione nella quale si avverano le massime distanze o quindi le apparenze di dimensioni minime nei pianeti. È naturale che gli astronomi approfittino di quelle prime circostanze favorevoli per i loro studî sui pianeti.

Ma l'avvicendarsi dei pianeti lungo le loro orbite dà origine a dei fenomeni di figura speciali e interessanti, analoghi a quelli che mensilmente si producono sul nostro satellite, la luna. Tali sono le fasi dei pianeti, alle quali accennammo come a dimostrazione del sistema copernicano, segnalata la prima volta da Galileo. Le più cospicue di tali fasi vengono presentate dai pianeti interni, Mercurio e Venere (2); visibili notevolmente sono quelle di Marte, che talvolta apparisce gibboso, ma in modo che non resta mai oscurato più che per $^1/_7$ della sua superficie; a malapena visibili quelle di Giove, di cui si può oscurare al più $^1/_{50}$ della superficie, e non visibili quelle degli altri pianeti.

Riesce agevole comprendere la ragione per cui ha luogo la formazione di fasi planetarie. Prendiamo il caso di Mercurio.

Sia l'orbita di questo pianeta rappresentata dalla curva M,M' ecc., (Fig. 84) e per maggior semplificazione si supponga la Terra immobile in T. Quando Mercurio si troverà nella sua congiunzione superiore, la parte sua illuminata dal sole sarà posta di prospetto alla Terra, ma nello stesso tempo quel pianeta sarà alla massima distanza dal nostro. Per la prima ragione Mercurio apparirà in forma di disco e per la seconda ragione esso presenterà le minime dimensioni. Qualora Mercurio arrivi in M', la parte illuminata dal sole sarà soltanto per metà visibile dalla Terra, e quindi il pianeta avrà sembianza di mezzo disco; ma nello stesso tempo esso si è molto avvicinato a noi e quindi tale mezzo disco presenterà delle dimensioni maggiori che non nel primo caso. Proseguendo ancora, e quindi pervenuto fra M' ed M, la parte illuminata dal sole

(1) Distanza della Terra dal sole 149 mil. di chil. *diminuita* della distanza di Venere » » 108 » »

rimane 41 » »

(2) Distanza della Terra dal sole 149 mil. di chil. *aumentata* della distanza di Venere » » 108 » »

diventa 257 » »

(1) Circostanze che appunto son note sotto i nomi di *grandi opposizioni*.

(2) Quelle di Venere sono anche visibili ad occhio nudo V. FLAMMARION, *Les Terres du ciel*, p. 182, ecc.

Digitized by Google

è rivolta dal lato opposto alla Terra, della quale al più si scorge una sottile falce luminosa, che scom-

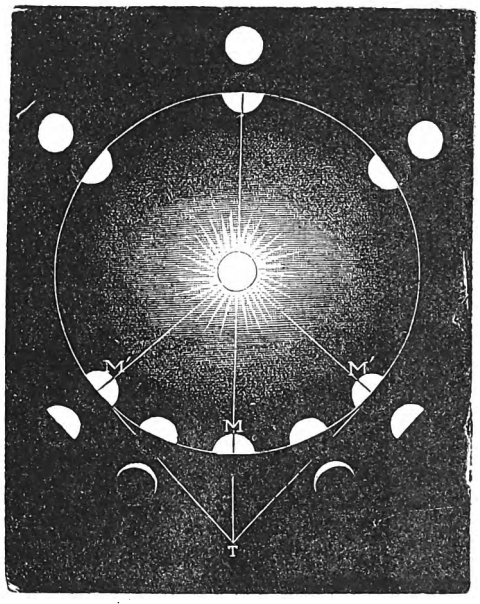
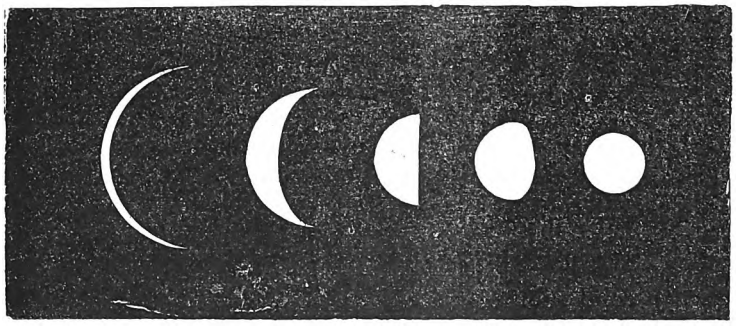


Fig. 84. — Spiegazione delle fasi di Mercurio.

pare affatto nei giorni della piena congiunzione,



cioè quando esso si troverà in M. Ma intanto esso si è considerevomente avvicinato alla Terra e quindi le dimensioni della falce luminosa son quelle spettanti ad una curva di dimensioni quasi triplici di quelle osservate quando Mercurio era in congiunzione superiore (Fig. 85). Analoghi fenomeni avranno luogo nell'ulteriore cammino del pianeta lungo la sua orbita.

Nei pianeti superiori, i quali mai non si frappongono fra il sole e la Terra, le fasi, e come vedemmo, limitatissime, han luogo soltanto presso e durante le *quadrature*, cioè allorchè il pianeta occupa tal posizione in cui due rette condotte una dal sole l'altra dalla Terra s'incontrerebbero in esso ad angolo retto o prossimo al retto.

Certamente le fasi vengono ancora a modificare d'assai lo splendore apparente dei pianeti, sul quale d'altra parte esercita azione la distanza dalla Terra, sì come quella dal sole. Se il diametro di questo visto dai pianeti va scemando notevolmente man mano che ci allontaniamo da esso (1), in modo che da Mercurio esso appare oltre 2 volte e mezza più grande che da noi, e da Nettuno 30 volte più piccolo, la sua potenza luminosa e calorifica diminuisce in ragione dei quadrati di tali numeri e quindi essa sarà quasi 7 volte maggiore per Mercurio che non per la Terra, e 1000 volte maggiore per questa che non per Nettuno. Da ciò la pallida e manchevole luce dei pianeti lontani, cominciando da Saturno e anche se forniti di ragguardevoli dimensioni, com'è appunto il caso di questo pianeta.

Nè va dimenticato che a rendere più o meno cospicuo lo splendore dei pianeti concorre anche la loro diversa capacità di riflettere la luce o quella proprietà che già il Lambert, più di un secolo fa, chiamava col nome di *albedo*, quasi bianchezza (2). Essa apparisce massima per Urano al quale tengono dietro immediatamente Venere e Giove. Per questi due corpi il potere riflettente (0. 62) è di poco inferiore a quello della bella o nitida carta bianca da scrivere, mentre apparisce minimo per Mercurio, in questo somigliante alla luna.

L'albedo e i colori diversi dei pianeti già stabiliscono una prima presunzione che se anche la materia costituente in generale i mondi planetari si deve considerare come essenzialmente uguale alla terrestre, essa però

(1) Ecco quale, secondo il CHAMBERS (*Astronomy*, p. 898), apparirà il diametro del sole visto dai vari pianeti.

	Diametro apparente del sole veduto dai pianeti in angolo	essendo = 1 visto dalla Terra
Mercurio	82'.49"	2.583
Venere	44. 19	1.383
Terra	32. 4	1.000
Marte	21' 2	0.656
Giove	6. 10	0.192
Saturno	3. 22	0 105
Urano	1. 40	0.052
Nettuno	1. 4	0.033

(2) NEWCOMB, p. 316; — CHAMBERS, p. 910; — HOUZEAU, p. 330. — Per comprendere i valori dei numeri contenuti nel **Prospetto XV**, alla colonna 20 (*albedo*), si rammenti che tale potere di riflettere la luce è ragguagliato per la più bianca carta da scrivere a 0.70, per la neve recentemente caduta a 0.78, per l'arenaria bianca a 0.24.

Digitized by Google

deve trovarsi in condizioni diverse di aggregazione nei vari pianeti. Le ricerche meccaniche sulle loro masse confermano tale congettura.

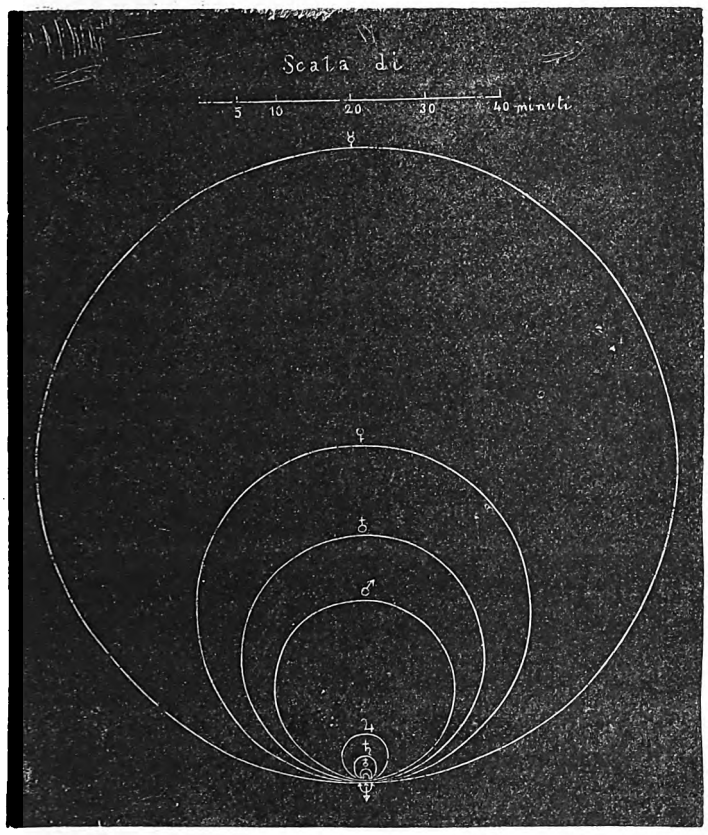


Fig. 86. — Apparente grandezza del sole visto dai vari pianeti (Ciascuna circonferenza designa la grandezza del sole proporzionalmente a quanto appare dal pianeta di cui essa porta il segno).

Quando parlammo della massa del sole, accennammo in forma elementare a qualche metodo per determinarla (1), perciò adesso ci limitiamo soltanto ad aggiungere che per i pianeti le masse vengono di solito dedotte dalle distanze e dalle rivoluzioni dei loro satelliti e dalle perturbazioni che i pianeti esercitano gli uni sugli altri od anche sulle comete a breve periodo. Però trattandosi di determinazioni assai delicate e tenendo conto che alcuni degli elementi dei pianeti, e pur oggi, sono affetti da qualche incertezza, non è da meravigliarsi se ancora non regna un completo accordo sui valori attribuiti a tali masse. Siffatti valori di solito si presentano ragguagliati a quelli della massa del sole e della Terra. Mentre però adesso si accettano generalmente i valori trovati od adottati dai Leverrier nel 1861 (1), determinazioni posteriori per le masse di due fra i pianeti, Mercurio e Nettuno, dànno dei risultati notevolmente diversi da quelli (2). Anche attribuendo a tali numeri un valore di approssimazione, si scorge subito quali enormi differenze corrano fra le masse dei pianeti confrontati tra loro dapprima e poscia messe a raffronto con quella del sole. Giove ha una massa ben 5000 volte maggiore di quella di Mercurio, e ancora 300 volte maggiore di quella della Terra, e quasi 3 volte maggiore di quella di tutti i pianeti messi assieme; ma cionostante la stessa sua massa riesce di 1050 volte minore di quella del sole. Questa anzi, che, come vedemmo, supera di 234 mila volte la massa terrestre, è tale che per eguagliarla occorre una massa pari a 750 volte quella dl tutti i pianeti riuniti. La Terra per-

(1) V. a pag. 57.

(1) Ed essi furono adottati nella tabella che noi togliemmo dal Newcomb (V **Prospetto XV. col. 15 e 16**) per tutti i pianeti, meno che per Nettuno.pel quale è data la media $\left(\frac{1}{19,540}\right)$ dei due ultimi valori $\left(\frac{1}{19,380}\right)$ e $\left(\frac{1}{19,700}\right)$ trovati dal Newcomb, e per Marte, pel quale s'è adottato il valore dato dall' Hall $\left(\frac{1}{3,093,500}\right)$.

(2) Per es. ecco i valori attribuiti alla massa di Mercurio e di Nettuno dai più recenti calcolatori

Massa di Mercurio	Calcolatore	Anno
$\frac{1}{5,310,000}$	Leverrier	1861
$\frac{1}{7,636,400}$	Van Asten	1876
$\frac{1}{7.100,000}$	Tisserand	1881
Massa di Nettuno		
$\frac{1}{14,491}$	Struve	1850
$\frac{1}{19,400}$	Bond	1851
$\frac{1}{17,135}$	Hind	1855
$\frac{1}{20,039}$	Safford	1832
$\frac{1}{19,540}$	Newcomb	1874-75
$\frac{1}{18,520}$	Holden ed Hall	1876

Digitized by Google

ciò in questo raffronto occupa una parte ben umile, perchè la sua appena raggiunge $^1/_{355}$ della massa complessiva dei pianeti.

Senonchè tali masse non sono sempre proporzionali ai volumi. Vedemmo, per es., Giove essere almeno 1370 volte maggiore della nostra Terra; mentre la sua massa è soltanto 300 volte più grande. A parità di volume dunque la massa di Giove sarebbe minore di quella della Terra e quindi è ovvio dedurre una minore *densità,* che nel caso presente sarebbe appunto data dal valore che rappresenta la massa diviso per quello che rappresenta il volume, cioè apparirebbe eguale a circa 0.24, un quarto della densità terrestre.

Confrontate analogamente le masse e i volumi, elementi che ormai ci son noti, e così ricavate le densità dei diversi pianeti, si vede che in ciò Mercurio e la Terra occupano il primo posto (1). Anzi, se si adottasse per la massa di Mercurio uno dei valori trovati più di recente (2), il pianeta fornito della massima densità sarebbe la Terra.

Un fatto notevole è poi quello di una decisa differenza di densità che corre fra i pianeti interni e i pianeti esterni alla zona dei pianetini. I quattro primi offrono densità oscillanti fra 1.17 (☿) e 0.71 (♂); per i quattro pianeti esterni essa varia fra 0.24 (♃) e 0.13 (♄). Quindi, dacchè questi sono i maggiori pianeti avviene che la minore densità della materia in questo caso venga compensata dalla mole considerevole.

Per avere poi una idea abbastanza accessibile di tali densità, giova riflettere che la Terra si giudica nel suo assieme avere una densità 5.56 volte maggiore di quella dell'acqua. Ora le densità di Mercurio, di Venere e di Marte si avvicinano di molto a quella, e sarebbero quindi superiori p. es. alle densità di qualsiasi delle roccie terrestri che servono per costruzioni; invece le densità dei pianeti maggiori, scendono tosto ad $^1/_4$ della terrestre e quindi sarebbero paragonabili a quella dell'acqua: anzi quelle due di Saturno e di Nettuno ne restano ben al disotto (c.a 0.6 e 0.8). Perciò se volessimo paragonare le densità di questi quattro corpi a quelle di alcune fra le sostanze terrestri più note, non troveremmo di meglio che ragguagliare Giove ed Urano al carbon fossile o alla lignite (1.5 — 1.3), Nettuno al legno di noce (0.7 — 0.9) e Saturno a quello del pino (0.6 — 0.7). Immersi in un oceano acqueo capaci di contenerli, degli otto pianeti, sei andrebbero più o meno rapidamente a fondo, mentre gli ultimi due menzionati galleggerebbero pari a tronchi svelti dalle nostre foreste.

Se ci lasciassimo sedurre dal fascino dei numeri, potremmo facilmente dalle masse arguire il *peso* di ciascuno dei pianeti, ragguagliandolo a quello a noi noto del globo e presentandolo nelle unità comunemente usate. Al lettore sarà facile trovare da sè tali lavori. Noi, sospinti dalla lunga via, siamo chiamati adesso a considerare alcuni dei fenomeni che si connettono col moto dei pianeti (1).

Le leggi del Keplero ci segnarono le norme secondo le quali i pianeti, viaggiatori instancabili, si muovono senza tregua nello spazio le fasi dei pianeti ci fecero scorgere uno fra i più notevoli effetti di tali movimenti. Prima però di procedere ad esaminare gli altri è d'uopo prendere conoscenza di alcuni fatti fondamentali e della nomenclatura scientifica per essi più comunemente usata.

Se noi fossimo collocati nel centro del sole ci sarebbe facile determinare il tempo che ciascuno dei pianeti impiega a descrivere la propria orbita.

Fissate per esempio un istante, nel quale un pianeta coincidesse con una data stella, la intera *rivoluzione* del pianeta sarebbe compiuta quando esso fosse tornato a mettersi in linea con quella data stella. Pari facilità si avrebbe qualora la Terra fosse immobile, come il sole. Anche in tale caso la rivoluzione sarebbe compiuta allorchè il pianeta fosse tornato a collocarsi nello stesso punto di prima rispetto al sole o (ciò che ammessa la immobilità della Terra, torna lo stesso) rispetto ad una stella. In tale caso dunque la rivoluzione di un pianeta potrebbe semplicemente computarsi da congiunzione a congiunzione o da opposizione ad opposizione successiva.

Ma come gli altri pianeti, anche la Terra si sposta nello spazio. Quindi allorchè un pianeta compie la sua rivoluzione intorno al sole, il punto in cui esso chiude la sua orbita è sempre lo stesso rispetto a quell'astro, ma non apparisce tale rispetto alla Terra. Sappiamo a mo' d'esempio che Mercurio chiude la sua orbita dopo 88 giorni di tempo. Ora, prestiamo attenzione a fissare quando Mercurio sia in congiunzione inferiore, poi lasciamo ch'egli viaggi lungo la sua orbita. Passati gli 88 giorni, egli avrà compiuto il suo giro intorno al sole, ma ciò avrà avuto luogo trovandosi esso in

(1) V. le densità dei pianeti supposta quella della Terra = 1, in **Prospetto XV**, col. 17.

(2) Nel qual caso la densità di Mercurio starebbe tra 0.8 e 0.9 rispetto a quella della Terra.

(1) Per quanto riguarda il *peso alla superficie* e alla *durata della rotazione* di ciaschedun pianeta, oltre quello che risulta dal **Prospetto XV**, col 18 e 19, sarà detto alcunchè parlando dei singoli pianeti.

Digitized by Google

un punto del cielo diverso da quello che rende possibile il fenomeno della congiunzione inferiore, cioè ben prima che il pianeta si frapponga di nuovo tra noi e il sole. Perchè si ripeta tale fenomeno, saranno necessarî altri 28 giorni di tempo. Ciò avviene appunto pel fatto che anche la Terra in quegli 88 giorni si sposta nello spazio, nello stesso senso di Mercurio e quindi percorre in tale tempo quasi un quarto della propria orbita, Giunto Mercurio al termine della sua rivoluzione, per poter ancora ritrovarsi nello spazio frapposto fra la Terra e il sole deve procedere di almeno un intero quadrante e quindi correre per altri 28 giorni di tempo.

Questo fatto determina una prima distinzione della rivoluzione dei pianeti in *siderea* e *sinodica* (1).

Per *rivoluzione siderea* di un pianeta, dunque s'intende in astronomia *il tempo ch' esso impiega a descrivere la propria orbita attorno al sole;* per *rivoluzione sinodica di un pianeta s'intende il tempo compreso fra due sue successive congiunzioni dello stesso nome* (2).

La rivoluzione siderea, cioè quella che sul sole sarebbe compiuta col ritorno del pianeta ad una data stella (3), pei pianeti inferiori è necessariamente più breve della sinodica, perchè essi dopo compiuto il loro giro attorno al sole (rivoluzione siderea), devono ancora affrettarsi a percorrere un tratto dell'orbita causa lo spostamento terrestre. Diffatti ecco quali sono per essi le differenze tra le due rivoluzioni;

	Rivoluzione in giorni	
	siderea	sinodica
Mercurio	87.97	115.87
Venere	224.70	583.92

invece nei pianeti superiori, tranne che per Marte, la rivoluzione sinodica è di durata più breve che non la siderea. Eccone il raffronto:

	Rivoluzione siderea in anni	Rivoluzione sinodica in giorni
Marte	1.88 (1)	779.82
Giove	11.86	398.8
Saturno	29.46	378.0
Urano	84.02	369.7
Nettuno	164.62	367.5

Se si bada al moto della Terra e di ciascun pianeta è agevole farsi ragione delle enormi differenze che corrono fra le durate delle due rivoluzioni nei pianeti più lontani dalla Terra. Mentre questa in un anno percorre l' intera sua orbita, Nettuno, a mo' d'esempio, percorre solo c.a $^1/_{165}$ della propria, cioè poco più di due gradi. Poniamo quindi di far partire i due pianeti dopo una congiunzione e vediamo quale debba essere la durata della rivoluzione sinodica di Nettuno. Passato un anno, la Terra avrà compiuta la propria rivoluzione, e nello stesso tempo Nettuno si sarà spostato nello stesso verso della Terra di appena 2.° Ora se la Terra a percorrere i 360° della sua orbita impiega 365.25 giorni, cioè percorre circa 1.° al giorno, a valicare i due gradi che le impediscono di porsi sulla stessa linea col sole e con Nettuno impiegherà circa *due* giorni. Perciò tra due successive congiunzioni di Nettuno intercederanno circa 367.5 giorni, il che forma appunto la durata della sua rivoluzione sinodica.

Ciò rende evidente il fatto che la *velocità angolare* (2) dei pianeti è tanto maggiore quanto più essi sono vicini al sole. Mentre in un giorno Mercurio si sposta lungo la propria orbita di 4° 5′ 32″ (14732″) e la Terra di 0°.59′8′ (3548′′), Net-

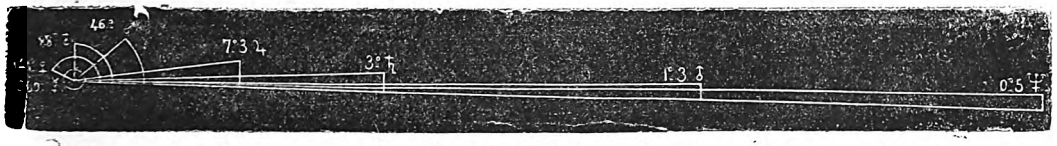


Fig. 87. — Arco descritto dai vari pianeti mentre Mercurio compie un'intera rivoluzione intorno al sole.

tuno si sposta appena di 0′ 0.22″, per cui allorchè Mercurio dopo 88 giorni ha chiusa la sua orbita, percorrendone tutti i 360°, Venere ne ha appena percorso $^1/_3$, la Terra $^1/_4$, e così di seguito finchè non arriviamo al lentissimo Nettuno il quale nello stesso tempo ne ha percorso appena $^1/_{700}$. La figura precedente (Fig. 87) può dare una idea della cosa (4).

Anche la *velocità lineare* dei pianeti va scemando come ci allontaniamo dal sole, ma in modo più lento che non sia la velocità angolare. Volendo esprimerla col numero di chilometri che ciascun pianeta percorre in un minuto secondo di

(1) Una terza rivoluzione, la *tropica*, si definisce: *il tempo impiegato da un pianeta per far ritorno alla stessa longitudine*. La piccola differenza tra la durata di questa e la durata della rivoluzione siderea dipende dalla precessione degli equinozî.

(2) Vale a dire fra due congiunzioni entrambi *inferiori* od entrambi *superiori*. Tale distinzione vale pei pianeti *inferiori*.

(3) *Sidus*, in latino, stella.

(4) V. anche il Prospetto XV. col. 2

(1) Pari a 686.98 giorni.

(2) La *velocità angolare* si deduce dal numero di gradi che un corpo movendosi descrive in un' unità di tempo e si distingue dalla *velocità lineare*, che vien data dallo spazio reale percorso pure in un' unità di tempo. La stessa velocità angolare può corrispondere a diversissime velocità lineari. Due corpi per es. percorrono due orbite circolari una di raggio eguale ad 1^m, l'altra di raggio doppio. Se supponiamo che v'impieghino il medesimo tempo a descriverle, la loro velocità angolare è la medesima, perchè nella stessa unità di tempo entrambi percorrono i 360° dell'orbita ma non sarà del pari eguale la loro velocità lineare perchè il primo avrà percorso un perimetro eguale a m 6 3 (2 R π), e il secondo eguale a m. 12.6, cioè doppio del primo.

Digitized by Google

tempo essa verrebbe a ragguagliarsi a 47.1 chil. per Mercurio, a 34.4 per Venere, a 29.7 per la Terra (1), a 23.5 per Marte, a 9.8 per Saturno, a 6.7 per Urano e finalmente a 5.3 per Nettuno.

La diversa velocità angolare dei pianeti nelle loro orbite è la principale origine di alcune apparenti anomalie nel loro moto. Se noi osserviamo per alcune sere di seguito un pianeta nel cielo, lo vedremo coincidere o approssimarsi successivamente alle stelle più orientali, cioè spostarsi nel cielo da ovest verso est. Questo spostamento che avviene nel senso stesso secondo il quale si sogliono enumerare i segni dello zodiaco e in senso contrario al moto apparente diurno del cielo prodotto dalla rotazione terrestre, si chiama *moto diretto*. Il *moto diretto* segue la direzione consueta del movimento dei pianeti. Tuttavia talvolta noi li vediamo per parecchie sere di seguito, restare immobili nel cielo ed anche spostarsi in direzione da ovest ad est, cioè precisamente opposta al moto diretto. Le apparenti soste dei pianeti si dicono *stazioni*, e *moto retrogrado* o *retrogradazione* lo spostarsi del pianeta in senso inverso al moto diretto (2).

(1) Ritenuto sempre il raggio medio dell'orbita terrestre eguale a 149.3 milioni di chilometri.

(2) Per spiegare questi fenomeni gli antichi si servivano dei loro epicicli, a mezzo dei quali realmente si poteva ideare un moto dei pianeti ora in un senso ora nell'altro a seconda che il tratto dell'epiciclo da essi percorso era al di qua o al di là del deferente. Per far comprendere al lettore in quale guisa gli stessi fenomeni si possano spiegare col sistema copernicano, ricorriamo alla seguente figura (Fig. 88) che prendiamo dal Müller (*Kosm. Phys.*, p. 147) e che rappresenta un modello riproducibile facilmente. Sia S il sole, rappresentato da una piccola sfera metallica assicurata ad un regolo. Da S partono quattro grossi fili metallici SA, SB, SC, ed SD, che s'incrociano ad angolo retto e che sono collegati secondo una circonferenza di circolo dal filo N M R T che rappresenta l'eclittica. Con centrico a questo v'è un minore anello *nmrt* che rappresenta l'orbita terrestre, e sovr'esso sono attaccate ad eguali distanze 12 pallettine di piombo destinate ad indicare i posti nei quali la Terra si trova in 12 diversi giorni dell'anno a distanza di un mese uno dall'altro. Le sette prime di tali pallottole son designate coi numeri 1, 2, 3, ecc fino a 7. Attorno ad S gira un terzo anello *a b c d g*, che rappresenta l'orbita di un pianeta, p. es., quella di Marte. Il suo piano forma un certo agolo col piano dell'orbita terrestre in modo che il punto *g* resta *sotto* SD e il punto 4 di questo stesso anello sta *sopra* SB. Lungo tale anello sono fissate 7 sole pallottole di piombo, indicate pur esse nella figura coi numeri 1, 2, 3 ecc. e che mostrano i posti che il pianeta occupa negl'istanti nei quali la Terra si trova nei punti segnati colle stesse cifre lungo l'orbita terrestre.

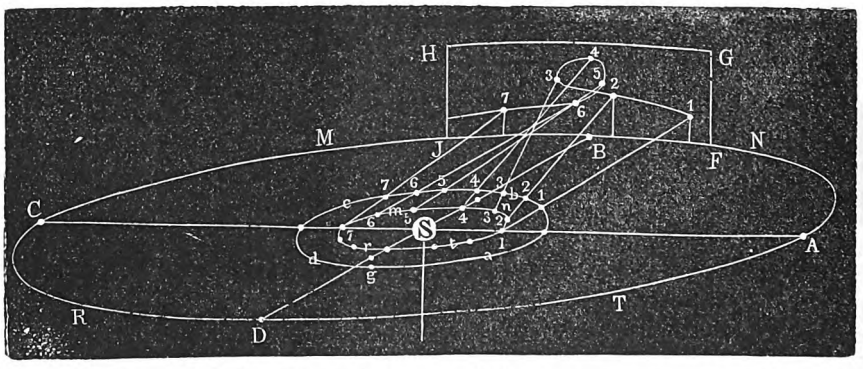


Fig. 88. — Spiegazione delle stazioni retrograd. dei pianeti col sistema copernicano.

Le distanze fra due successive pallottole, cioè fra 1 e 2 fra 2 e 3 ecc. sull'orbita *a b c d* devono necessariamente essere più piccole che non lungo l'orbita terrestre, perchè i pianeti procedono tanto più adagio nel loro cammino quanto più son lontani dal sole. Nel modello di cui si presenta la figura le distanze delle pallottole una dall'altra lungo i due cerchi *a b c d* ed *n m r t* stanno fra loro come i numeri 17 e 23.

Se noi adesso pensiamo di condurre una retta da un determinato punto occupato dalla Terra, pel punto in cui in quel momento si trova Marte, cioè per es. dal punto 1 dell'orbita di quella pel punto 1 dell'orbita di questo, tale retta raggiungerà l'apparente volta del cielo in un punto che nella nostra figura è segnato ancora col numero 1 che designa quei due primi punti. Essa va a cadere nell'interno di un quadrilatero F G H J che serve per piano in cui si projettano le varie posizioni di Marte. Proseguendo quindi ad indicare con numeri successivi ai punti in cui viene projettato Marte al punto 2, osservato dalla Terra al posto 2, e così di seguito, si verrà a tracciare l'apparente cammino che lungo un certo periodo Marte descrive nel cielo. Quindi esso andando dai punti 1 a 3 sembrerà procedere di moto diretto, in 3 resterà alquanto stazionario, poi camminerà di moto retrogrado fin al punto 5, tra i punti 5 e 6 collocati quasi sulla stessa visuale avrà luogo una stazione alquanto lunga, quindi il pianeta riprenderà il moto diretto che seguiva dapprincipio.

Un altro fatto già dagli antichi osservato si è che i pianeti inferiori di poco si allontanano dal sole; anzi Mercurio spesso si trova circonfuso nella sua atmosfera e designato con nomi che rammentano tale circostanza (1), come quelli di Espero o Vespero e di Lucifero per Venere (2) accennano al fatto ch'essa accompagna appunto il sole nel suo cammino di poco precedendone le aurore o seguendone i tramonti. Invece i pianeti superiori possono allontanarsene in modo da occupare e lo vedemmo, la parte del cielo opposta a quella che occupa il sole. Si dice *elongazione* di un pianeta il numero di gradi di cui esso è lontano dal sole lungo l'eclittica (3) e *digressione* il massimo valore di tale elongazione. Mentre per un pianeta superiore la *digressione* può essere anche di 180°

(1) Per es. quello di Apollo.

(2) . . . . . la stella
Che 'l Sol vagheggia or da coppa or da ciglio.
DANTE, *Par.*, VIII, 12.

(3) O in altre parole *la differenza fra la longitudine del sole e quella del pianeta*. A pagina 8 in nota vedemmo che per *longitudine* s'intende *l'arco di eclittica compreso fra un punto* (o il piede del circolo di latitudine che passa per quel punto) *e l'equinozio di primavera*

Digitized by Google

e ciò nelle opposizioni, per Mercurio essa può al massimo raggiungere i 27° 19', e per Venere i 47° 47'.

E noto poi come l'orbita descritta dalla Terra intorno al sole racchiuda un piano, chiamato *piano dell'eclittica,* perchè appunto lungo quel piano hanno luogo le eclissi. I piani delle orbite dei varî pianeti non coincidono punto col piano dell'eclittica, ma formano con esso degli angoli tali che un pianeta si trova per una metà del suo cammino più a nord, per l'altra metà più a sud del piano dell'eclittica, e analogamente allora il pianeta sembrerà alquanto più a nord o alquanto più al sud che in quelle stesse epoche non sembri il sole. Ora, l'angolo che il piano dell orbita di un pianeta forma col piano dell'eclittica dicesi *inclinazione* del pianeta (1). Ma siccome il piano dell'orbita di ciascun pianeta e quello dell'eclittica s'intersecano, accadrà che ogni pianeta dovrà in un determinato momento trovarsi sopra il punto comune e alla propria orbita ed all'eclittica. Tale punto d'intersezione dicesi *nodo* e per esso avviene il passaggio del pianeta traverso l'eclittica. Siccome poi tale traversata può aver luogo in due sensi, distinguesi tra *nodo ascendente* o passaggio del pianeta dal S. al N. (2) e *nodo discendente,* o passaggio dal N. al S. dell'eclittica, mentre *linea dei nodi* chiamasi la retta che congiungendo i due nodi segna la intersezione dei piani delle due orbite. Notammo poi come i moti orbitali dei pianeti dieno origine al fatto che essi si trovino talvolta nella stessa o anche in direzione opposta rispetto al sole, e cioè in congiunzione o in opposizione. Perchè abbia luogo una congiunzione, occorre che il pianeta presenti la medesima longitudine del sole; perchè abbia luogo un'opposizione occorre che fra il sole e il pianeta vi sia una differenza di 180° in longitudine.

Se, durante una congiunzione, il pianeta traversa il nodo, allora ha luogo o un *passaggio* sul sole, o un'*occultazione* del pianeta dietro il sole. Diffatti perchè tali fenomeni avvengano è necessario che il sole, il pianeta e la Terra (anzi, ad essere esatti i centri dei tre corpi) si trovino sullo stesso piano e sulla stessa linea. Ora in qualunque momento è possibile condurre un piano che passi pei centri dei tre corpi, ma nel maggior numero dei casi essi si troveranno disposti in modo da non poter congiungere i centri mediante una retta. Perchè quest'ultima circostanza si avveri, è d'uopo che il pianeta ed il sole abbiano la stessa longitudine e la stessa latitudine (1). È quello che avviene se congiunzione e nodo hanno luogo contemporaneamente. Allora i tre corpi si trovano tutti sul piano dell'eclittica e di più sulla linea dei nodi; cioè si trovano sulla stessa linea e sullo stesso piano.

È facile poi comprendere come i *passaggi* abbiano luogo soltanto pei pianeti inferiori e cioè per Mercurio e per Venere; mentre le *occultazioni* possono aver luogo per tutti i pianeti, e precisamente nei casi di congiunzione superiore pei pianeti inferiori e di congiunzione pei pianeti superiori. Ancora, stante la mole considerevole del sole, non è strettamente necessario che i centri dei tre corpi sieno esattamente sulla stessa linea; quando ciò avviene, e succede di rado l'occultazione e il passaggio di consi *centrali.*

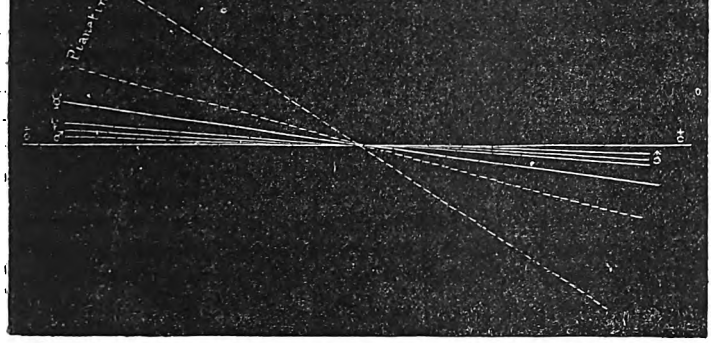


Fig. 89. — Inclinazioni delle orbite dei pianeti sull'eclittica.

Con tali norme s'aggirano eternamente i pianeti attorno al sole, più veloci, più piccoli, più pesanti, maggiormente felicitati di calore e di luce i più prossimi al grande astro; — più lenti, più voluminosi, ma meno densi e più schiacciati, più freddi e meno illuminati, quanto più remoti da esso. Ma, quasi a compenso, cresce per quei lontani il corteo dei satelliti a illuminarne le rapidissime notti, e forse ancora parte notevole del calore interno emana alla superficie, se si possono così interpretare alcuni degli strani fenomeni

(1) V. il **Prospetto XV**, col 9. Se si eccettuano i pianetini nessun pianeta presenta *inclinazione* maggiore di 7° (Mercurio, 7° 0' 8") nè minore di $\frac{3}{4}$ di grado (Urano, 0° 46' 21"). Si osserva ancora essere più forti le inclinazioni dei pianeti inferiori che non dei superiori. V. la fig. 89. Sulle *inclinazioni* dei pianetini v più avanti quando si tratterà specificatamente di essi.

(2) È questo un elemento assai importante per poter determinare la posizione dei pianeti. È perciò che ne viene data la longitudine nelle tavole degli elementi planetari, come si può scorgere dal nostro Prospetto **XV**, col. 8. È superfluo avvertire che non se ne dà la latitudine, perchè essa per entrambi i nodi di qualsiasi pianeta necessariamente è ugualo a 0°

(1) A pag. 8 in nota vedemmo che per *latitudine celeste* di un punto s'intende l'*arco compreso fra quel punto e l'eclittica* o *la più breve distanza che separa detto punto dall'eclittica.*

Digitized by Google

di coloramento e di luce, che tradiscono un potere raggiante proprio in Giove, in Saturno e fors'anche in Urano e in Nettuno.

Le atmosfere riscontrate in molti fra essi fanno correr la mente a giudicarli mondi in tutto simili al nostro e quindi come questo sedi essi pure di vita vegetale e animale. Quindi non discaro apparirà un cenno alquanto più particolare di quello dato sin qui per ciascuno dei pianeti e per alcuni di quei sistemi mondiali di cui molti fra essi son centro.

3. PIANETI INTRAMERCURIALI: VULCANO (1). Fossero macchie solari o corpuscoli atmosferici che passavano nel campo del cannocchiale, dal 1761 in poi e tacendo delle più incerte osservazioni anteriori, a più riprese, vennero veduti dei corpi neri ed ignoti projettarsi sul disco del sole (2). Però soltanto nel 1859 il Lescarbault, un astronomo dilettante francese, potè fare l'unica osservazione completa finora istituita del passaggio di tale corpo. D'altra parte il Leverrier, calcolando fin dal 1842 l'orbita di Mercurio, vi aveva notate alcune anomalie che dovevano provenire da perturbazioni esercitate da un pianeta invisibile e più vicino al sole che non sia Mercurio. Egli non le espose però al pubblico prima del 1859; ma vi tornò sopra ancora a varie riprese e specialmente nel 1876 calcolando anche gli elementi dell'orbita spettante al pianeta ignoto, che dall'Heis avea ricevuto il nome di *Vulcano* (3). Però le osservazioni del Lescarbault vennero messe in dubbio e le stesse deduzioni del Leverrier non parvero in tutto soddisfacenti. Sembrava strano che un corpo così illuminato dal sole come dovrebbe essere Vulcano, fosse sempre sfuggito all occhio vigile degli astronomi, massime dacchè si è istituita presso alcuni osservatori una quotidiana esplorazione dell'astro e dacchè si proseguono con tanto ardore le investigazioni delle eclissi solari. Laonde si pensò ancora all'ipotesi non di un solo, ma di parecchi pianeti intramercuriali formanti una zona di pianeti simile a quella interposta fra Marte e Giove. D'altronde il Loomis nel 1862, l'Hind nel 1869, il Weber nel 1876 (1), il Watson e lo Swift nel 1878 credettero ancora di scorgere qualche corpuscolo passare o sopra o in prossimità del disco solare. Per le quali circostanze tutte il dubbio sulla esistenza di pianeti intramercuriali regna tuttora sovrano, senza che la scienza possa neanche prevedere se le sue indagini sieno in questo caso sufficienti a risolverlo.

MERCURIO, ☿ (2). Escluso per ora dal corteo dei pianeti l'ipotetico Vulcano, il più prossimo al sole e il più piccolo fra i medî pianeti rimane dunque Mercurio.

Abbenchè chiamato lo *splendido* (stilbon) dai Greci e abbenchè fosse noto agli astronomi fin dall'antichità (3), costretto com'è ad avvolgersi in breve orbita attorno al sole, spesso circumfuso nello splendore di quest'astro, e in ogni caso visibile solo al mattino e alla sera non più di 1 ora e $\frac{1}{2}$ prima dell'aurora o dopo il tramonto, non è facile scorgerlo ad occhio nudo, massime in regioni nebbiose e lontane dell'equatore. Copernico, pur morto settantenne, lamentava di non aver potuto osservarlo una volta solo in sua vita. Le migliori condizioni per vederlo son quelle delle sue elongazioni orientali (4).

(1) CHAMBERS, pag. 53; — NEWCOMB, p. 319; — HOUZEAU, p. 439; — HUGUES, p. 163; — DALLET S., *Les planètes extrêmes notre système solaire* in *Revue scientif.* I.30 (15 luglio 1882) pag. 80; — *Annuario scient. ed industr.*, Anno XIII, 1876, pag. 11; Anno XV, 1878, pag. 1; — TISSERAND, *Notice sur les planètes intramercurielles*, in *Annuaire du bureau des long.*, 1882, pag. 729. Vedi ancora tre note una dell'OPPOLZER e le altre due del PETERS (C. A. F.) in *Astronom. Nachrichten del* SCHUMACHER, Kiel, Tomo XCIV, N. 2233-2256, anni 1878-79, pag. 97-100; 321-326.

(2) Le più accreditate e dicasi pure le più discusse fra queste osservazioni sono: quelle del Fritsch (29 marzo 1800 e 10 ott. 1802), quella dello Stark (9 ott. 1819), quella del Decuppis (2 ott. 1839), quella del Sidebotham (12 marzo 1849), quella dell'Ohrt (12 sett. 1857), quella del Lescarbault (26 marzo 1859), quelle del Loomis (19 marzo 1862), quelle del Weber (4 aprile 1876) e finalmente quella del Watson (29 luglio 1878).

(3) Deducendoli dalle osservazioni del Lescarbault, il Leverrier assegnava a Vulcano un diametro 7 volte più piccolo del terrestre, una distanza media dal sole di 21 milioni di chil., una rivoluzione di 19g e 17 ore, e un'inclinazione sul piano dell'eclittica di 12° 10'. I calcoli posteriori del Walz e dal Radau danno risultati che di poco si allontanano da tali valori Di recente (1881) invece calcolando per altra via, cioè supponendo un'influenza del pianeta sulle macchie solari, lo Stewart gli attribuiva una distanza di 0.163 (21 mil. di chil.) e una rivoluzione di c.ª 24 giorni.

(1) Fu dal confronto fra le osservazioni del Lescarbault e del Weber che il Wolf dedusse per Vulcano il periodo di circa 42 giorni.

(2) FLAMMARION. *Les terres du ciel*, pag. 119-170; — NEWCOMB, pag. 315; — CHAMBERS, pag. 360; — HOUZEAU, pag. 443; — *Annuario scient. ital.* qua e là.

(3) La prima osservazione astronomica di Mercurio però non risale se non al 264 av. Cr., cioè a c.ª 60 anni dopo la morte di Alessandro.

(4) Nel 1882 tali condizioni caddero intorno al 6 febbraio, al 1 giugno e al 28 settembre; nel 1883 intorno al 19 gennaio, al 14 di maggio e al 10 di settembre; nel 1884 intorno al 1 gennaio, al 26 di aprile e al 23 di agosto, cioè ogni anno c.ª 18 giorni prima dell'anno precedente. Il periodo di visibilità comprende 8 o 10 giorni prima e dopo di ciascuna fra le date accennate; l'ora migliore per vederlo casca intorno a $\frac{3}{4}$ d'ora dopo il tramonto del sole

Digitized by Google

Osservato al telescopio, svela delle fasi assai analoghe a quelle di Venere o a quelle della luna. E appunto in una delle fasi più ristrette che l'estremità meridionale della falce luminosa da lui formata presenta una tale smussatura (Fig. 90) da far credere all'esistenza di alti ammassi montani. Il ritorno di

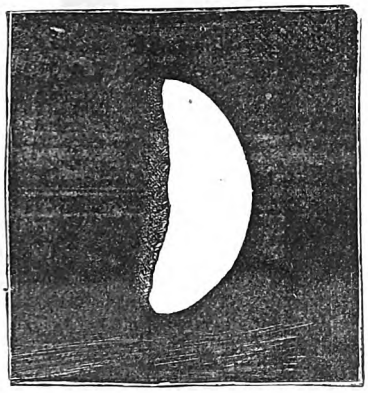


Fig. 90 Mercurio. Smussatura del suo corno australe.

questa estremità ad una medesima configurazione fornì il primo elemento per determinarne la rotazione, il cui valore dallo Schröter fissato a $24^{ore}\ 5^{m}$, da lui stesso e dal Bessel venne ridotto a circa 24^{ore} e vien ritenuto tuttora soltanto approssimativo.

La sua prossimità al sole ne rende frequenti i passaggi su quell'astro, che avvengono a periodi irregolari di 13, 7, 10 e 3 anni e sempre nei due mesi di novembre e di maggio. La prima osservazione di un passaggio fu quella compiuta da Gassendi il 1 novembre 1631, l'ultima quella del 7 novembre del 1881 (1). Già parlando del sole (2) segnammo la importanza di questo fenomeno nelle determinazioni di paralasse.

Da Mercurio il disco del sole apparisce di 6 volte e 8 decimi maggiore in superficie che non visto dalla Terra; donde quel pianeta riceve quasi 7 volte maggior copia di luce e di calore che non ne riceviamo noi stessi. Tuttavia la forte eccentricità della sua orbita ora lo porta

(1) Ecco le date e le durate dei passaggi di Mercurio sul sole nella 2ª. metà di questo secolo:

Data	Momento del passaggio centrale				Semidurata del passaggio		
	ore	m.	s.		ore	m.	s.
1861, 12 novembre	7	29	34	mattina	2	0	23
1868, 5 »	6	53	6	»	1	45	21
1878, 6 maggio	6	47	51	sera	3	53	31
1881, 7 novembre	12	46	58	mattina	2	39	9
1891, 10 maggio	2	54	18	»	2	34	20
1894, 10 novembre	6	36	25	sera	2	37	36

(2) Vedi pag. 49.

assai vicino ora assi lontano dall'astro, in modo che la sua media distanza si ragguaglia a 0.387 quella della Terra, la massima sale a 0.467 e la minima discende a 0.307 (1). Aggiungasi che l'asse di Mercurio presenta una notevole inclinazione sul piano dell'orbita, col quale fa un angolo di circa 20° e quindi il suo equatore ne forma collo stesso piano uno non inferiore a 70°. Ciò porta la conseguenza che il pianeta gira talvolta volgendo decisamente al sole uno, talvolta l'altro dei proprî poli, in modo siffatto da determinare delle successive stagioni di gelo e di ardente calore ai proprî due emisferi (2). Quindi un rapido avvicendarsi di temperature diverse in un anno così breve che non eguaglia nemmeno una delle nostre stagioni.

A temperare gli eccessi e a rendere possibile una vita vegetale ed animale paragonabile a quella ch' è sviluppata sul nostro globo, converrebbe che una spessa atmosfera involgesse Mercurio. Invece si è molto incerti se si possa attribuirgliene una. Alcune fra le più antiche osservazioni la ammettevano; l'Herschel la negò; e dietro di lui lo Zöllner in seguito a ricerche fotometriche pure ne escluse una tanto sensibile da produrre rifrazione di raggi solari, mentre finalmente il Vogel pare inclinato e l'Huggins è deciso ad ammetterla. Nè la questione finora fu sciolta.

E del pari finora nulla avvenne a confermare la sospettata esistenza di un satellite, intravvisto dallo Schenk durante il passaggio del 1832, e che probabilmente altro non era che una piccola macchia solare.

VENERE, ♀ (3). Secondo in ordine di distanza dal sole troviamo

Lo bel pianeta che ad amar conforta (4),

il solo fra i pianeti rammentato tanti secoli prima da Omero, che lo saluta col nome di

Espero, il più brillante astro del cielo (5).

(1) Cioè ammessa la distanza media eguale ai 58 milioni di chil., la massima (afelia) sale a 70 milioni e la minima (perielia) discende a 46 milioni di chilometri.

(2) Per una ragione analoga a quanto succede sul nostro globo; ma in proporzione più forte appunto per la maggiore inclinazione dell'asse.

(3) CHAMBERS, p. 64; — NEWCOMB, p. 322; — HOUZEAU, p. 435; — FLAMMARION, p. 173-252, ecc.; — *Annuario scient. ed industr.* Anno VII, 1870, p. 28; Anno IX. 1872, p. 48; Anno X. 1873, pag. 13; Anno XII, 1875, p. 1; Anno XIV, 1877, p. 4; Anno XV, 1878, pag. 7; Anno XVII, 1880, p. 4 e 5; Anno XVIII, 1881, p. 48.

(4) DANTE, *Purg.* I, 19.

(5) OMERO, *Iliade*, trad. di V. MONTI, canto XXII, p. 318. La prima osservazione di Venere è segnata sopra una tavoletta babilonese trovata a Ninive e risale al 684 av. Cristo.

Digitized by Google

E quella sua splendida luce bianco-verdognola, che aveva diversamente colpito i due poeti a tanti secoli di distanza, forma ancora la caratteristica che lo distingue nella miriade degli astri, insuperato da tutti, salvo che dal sole e dalla luna, e per la quale esso solamente fra tutti è visibile in favorevoli circostanze anche di pieno meriggio (1). Tuttavia anche nella sua massima luce, Venere che pur rifulge 40 volte più di Vega, è dal suo canto superata almeno di un migliaio di volte dallo splendore della luna piena.

Alle sue fasi accennammo, notando altresì come, in causa della notevole differenza fra la sua distanza perigea e l'apogea, essa presenti delle notevoli variazioni nella dimensione del diametro apparente. Ora, essendochè

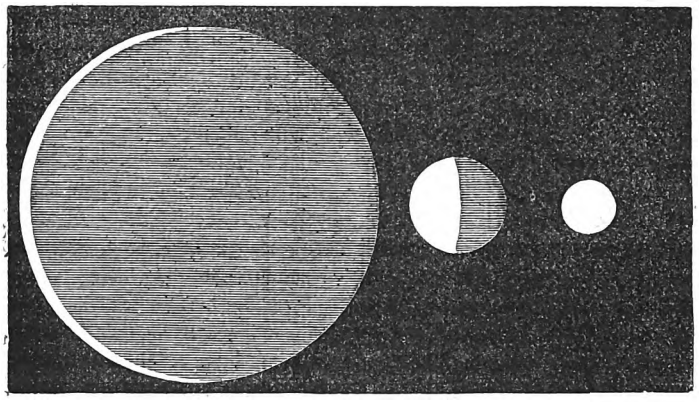


Fig. 91. — Fasi di Venere alla sua distanza massima, media e minima dalla Terra.

quando Venere si offre in forme di falce, essa non è lontana dalla congiunzione inferiore e quindi dalla posizione perigea, è allora che avrebbe il diametro assai grande e perciò uno splendore notevolissimo (Fig. 91). Ciò ha luogo circa da 35 a 38 giorni prima o dopo della congiunzione inferiore.

Allorchè Venere è in falce, avviene anche talvolta che la parte oscura del suo disco presenti una leggiera illuminazione grigiastra, paragonabile alla luce cinerea della luna (Fig. 92) e forse prodotta da fenomeni di riflessione delle nubi vaganti nella sua atmosfera.

Pianeta quasi gemello alla Terra sotto molti riguardi, le assomiglia nelle dimensioni a lungo ritenute maggiori e adesso accertate di poco inferiori a quelle della Terra, nelle forme accidentate del suolo, nella durata della rotazione, nella densità e probabilmente nell'atmosfera

Fig. 92. — Venere vista dal Vogel il 3 nov. 1871.

Furono appunto le macchie che, mentre palesavano i tratti orografici di Venere, permisero di fissarne la rotazione (1). La superficie del pianeta (Fig. 93) sembra quindi occupata anzitutto da larghe chiazze cupe, che non si possono altrimenti interpretare se non per mari, sui quali s'innalzano dei continenti montuosi a tratti assai rilevati, forniti di vette più ardite che non siano in proporzione del globo nostro le cime terrestri.

Descrivendo un orbita poco eccentrica, Venere non subisce quelle forti mutazioni di luce e di calore che un grande avvicinamento e un non minore allontamento dal

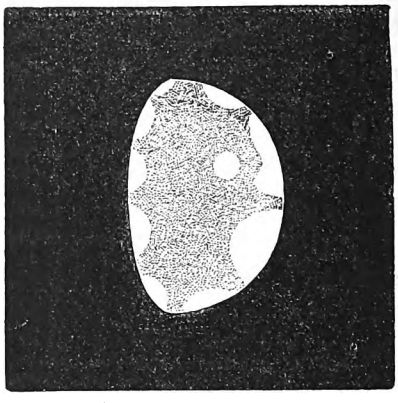


Fig. 93. — Venere vista da Vogel il 24 maggio 1871.

sole devono far subire a Mercurio, poichè la

(1) Alla sera e al mattino si vedono talvolta ancora a giorno chiaro Giove, Sirio, Canopo e Vega. Di recente paragonata a Mercurio, Venere apparve almeno 6 volte più splendida, quasi essa fosse un disco d'argento e Mercurio uno di piombo.

(1) In ciò ebbero merito speciale gl'italiani Bianchini e De Vico. Vedi per quest'ultimo; De Vico F., *Rotazione di Venere sul proprio asse*, in *Memorie intorno ad alcune osservazioni fatte nella specola del collegio Romano* Roma, 1839 42.

Digitized by Google

differenza fra le due distanze afelia e perielia per essa ammonta appena ai 7 millesimi. In media la quantità di luce e di calore ch'essa riceve dal sole è quasi doppia di quella che arriva fino a noi. Tuttavia qui non si arresta la diversità fra il nostro e quel pianeta. Essendo l'asse della Terra inclinata di 23° e $^1/_2$ sul piano dell'eclittica, ne deriva la formazione di due calotte polari terrestre il cui limite estremo dista di 23° $^1/_2$ dal polo, e una doppia zona torrida complessivamente larga 47°. L'equatore di Venere fa un angolo di 55° col piano della sua orbita, e tal fatto dà luogo quindi per ogni suo emisfero alla formazione di una zona torrida e di una calotta polare, larghe entrambi 55°, per cui le due zone si sovrappongono, nè rimane posto alcuno alla zona temperata. Quindi, anzichè di una eterna primavera, sognata dai poeti, Venere è dotata di successive stagioni algide e torride, i cui eccessi saran resi più aspri dal rapido loro avvicendarsi di 56 in 56 giorni.

Senonchè a Venere non fa difetto una spessa atmosfera, quale indarno si cercò come elemento moderatore dei climi estremi nel vicino mondo di Mercurio. Segnalata dapprima da fenomeni luminosi quasi crepuscolari e dal suo potere di rinfrangere i raggi solari, confermata poscia dalle ricerche spettroscopiche, quest'atmosfera, densa certamente più della nostra, ma a questa paragonabile per la sua

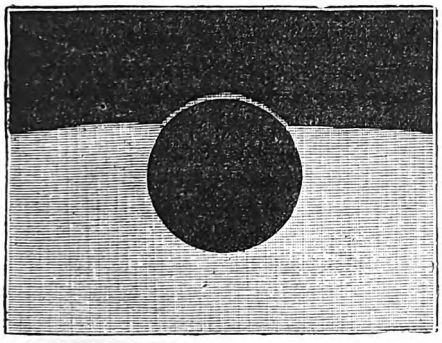


Fig. 94. — L'atmosfera di Venere vista dal Vogel durante il passaggio del sole del 1882.

costituzione e per il vapore acqueo e le nubi che vi abbondano, venne finalmente *veduta* (Fig. 94) durante il passaggio di Venere nel 1874, nonchè in quello del 1882 (1).

Al contrario niente finora permette di accettare per Venere la esistenza di un satellite, che nell'infanzia dell'età telescopica, cioè nel 1645, apparve a Fontana di Napoli e più tardi ad altri astronomi, sì che il Lambert, un secolo fa, credeva di poterne calcolare gli elementi orbitali. Probabilmente in quelle osservazioni o avvenne uno scambio di corpi o s'ingenerò una fra le illusioni ottiche, non rare a manifestarsi specialmente allorchè si usavano i primi e più imperfetti telescopî (1).

E siccome già parlammo dei suoi passaggi e della loro importanza per fissare la distanza del sole (2), ci rimane soltanto ad aggiungere che la esistenza accertata di un'atmosfera rende assai probabile la vita sul pianeta, che assomiglia tanto a questo nostro; una vita senza dubbio diversa da quella che attualmente regna intorno a noi e forse paragonabile a quella delle prime età geologiche terrestri, quando una spessa atmosfera era il teatro di rapidissime vicissitudini meteoriche, sulle quali esercitava tuttavia alta funzione il calore interno del globo.

MARTE, ♂ (3). Per il momento passiamo oltre la Terra, la quale dovrà bene a lungo trattenere l'attenzione nostra, e rivolgiamoci a Marte, pianeta sotto certi rapporti ancor più di Venere somigliante alla Terra, e i moti del quale fornirono a Keplero la prima base alla creazione delle grandi leggi che reggono il sistema, come le apparenze fornirono allo Schiaparelli titolo di gloria e mezzo per conoscere le condizioni fisiche planetarie.

Quarto pianeta in ordine di distanza dal sole, ne è il penultimo fra i maggiori in ordine di grandezza. Dista in media dal sole una volta e mezza più che la Terra, onde ne riceve circa 2 volte e $^1/_2$ meno calore e meno luce, ma la forte elitticità della sua orbita ora lo avvicina a 200 milioni ora ló allontana a 245 milioni di chilom. dall'astro centrale. La differenza fra le sue distanze afelia e perielia

(1) DETAILLE *L'atmosphère de Vénus* in *L'astronomie, Revue mens.* del FLAMMARION, fasc. di luglio del 1883, pag. 260.

(1) BERTRAND J., *Le satellite de Vénus* in *L'astronomie Revue*, ecc. di FLAMMARION, Anno I. p. 201; — HOUZEAU, p. 474.

(2) V. pag. 50.

(3) CAMBERS, p. 97; — NEWCOMB. p. 353; — HOUZEAU. 595; — SCHIAPARELLI, *Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte*, in *Memorie della Reale Accad. dei R. Lincei*, Roma, 1877-78, Anno CCLXXV, p. 308; — id. *Il pianeta Marte e i moderni telescopî*, in *Nuova Antologia*, fasc. XI. 1878; — id. *Osservazioni*, ecc. (sotto il titolo preced.) *Memoria* II, in stesse *Memorie*, ecc. 1880-81, Anno CCLXXVIII; — id. *Comunicazione all'Accad. dei R. Lincei fatta a 5 marzo 1882*; — *Annuario scientif. ed industr.* v. gli anni XIV, 1877, p. 1 e XVII, 1880, p. 5 e 8; ma specialmente XV, 1878. p. 12 e 15 e XIX, 1882, p. 1.

Anche nella rivista del FLAMMARION, *L'Astronomie*, del 1882, moltissimi articoli riguardano il pianeta Marte. Vedi spec. a pag. 167, 206, e 256.

Digitized by Google

come avrà influenza sul clima del pianeta, così concorre a presentarcelo diverso di grandezza apparente a seconda delle varie combinazioni possibili di distanza e di posizione. Le più favorevoli di tali combinazioni lo portano a soli 55 milioni di chilom. da noi; le più sfavorevoli lo spingono a 400 milioni di chilometri.

È in opposizione (1) ch'esso si vede come una stella di prima grandezza fornita di luce calma, ma di color rosso deciso, e da ciò i nomi di *infocato* (pirrois), di *carbone ardente* (angaraca) e di *corpo rosso* (lohitanga) con cui lo disegnavano Greci, Ebrei, ed Indiani (1).

Osservato con telescopî anche di mediocre ingrandimento, la sua superficie appare tutta traversata da solchi e da macchie oscure o rossastre variamente intrecciate, che si disegnano ancor più complicate e bizzarre allorchè lo si traguardi con fortissimi strumenti Figg. 95 e 96). Sempre poi le osservazioni

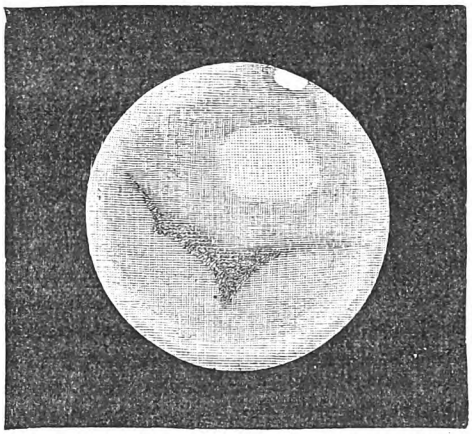


Fig. 95. — Marte osservato dal Lohse la sera dell'8 settembre 1877.

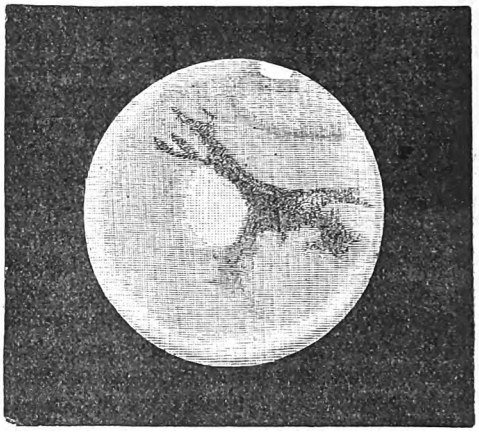


Fig. 96. — Marte osservato dal Lohse la sera del 21 settembre 1877.

di Marte esigono ottime condizioni atmosferiche, bontà di strumenti e speciale costanza, critica e attitudine alla riproduzione grafica dei fenomeni ch'esso presenta.

Cominciando dai disegni che il Fontana prendeva a Napoli nel 1636 e terminando con quelli recentissimi del Lohse e dello Schiaparelli, si possiedono alcune centinaia di rappresentazioni grafiche del pianeta (Fig. 97). Ora, benchè nei particolari molte fra esse differiscano da altre in modo rilevante, è oggimai accertato che i tratti generali della morfologia di Marte rimangono costanti e ch'essi non sono nè una nostra illusione ottica e nemmeno provengono dalla sua atmosfera. Quindi anche la sua superficie si può ritenere costituita da rilievi e da depressioni del suolo in forma di continenti, d'isole, di golfi, di stretti, di mari, d'istmi e di analoghe accidentalità. Del pari tutto induce ad arguire che le parti più cupe ed uniformi sieno occupate dall'acqua, la cui presenza in forma di vapore è segnalata nella sua atmosfera sì dalla indagine diretta, come dall'esame spettrale.

Ma, oltre i tratti generali e costanti della morfologia di Marte, le recenti investigazioni permisero di riconoscervi alcuni fenomeni mutabili e passeggeri. Di questo genere sarebbero le grandi macchie bianche polari, le mutazioni superficiali di colore, gli oscuramenti e i chiarori atmosferici, e i fenomeni della *geminazione*.

Notammo le analogie di Marte col nostro globo. Fra esse vitale ci sembra quella che gli assi di entrambi i pianeti sono inclinati di quantità quasi uguali sul piano delle loro orbite (2), per cui le stagioni sui due pianeti devono riuscire pressochè analoghe nel carattere, se non nella durata. Ora le stesse larghe formazioni di depositi nevosi e gelati, che come due calotte cingono le nostre regioni polari devono trovare le loro corrispondenti sull. sfera di Marte. E tale supposizione riesce tanto più fondata, allorchè si sappia che le

(1) Le ultime fra le *opposizioni* di Marte furono: quella del 1877, che fece scoprire i satelliti e che assieme a quella del 1879-8) permise le importanti ricerche dello Schiaparelli, e quella del 1881; le venture più prossime opposizioni cadranno al 31 gennaio 1884 e al 6 marzo 1886.

(1) La prima osservazione astronomica di Marte risale all'anno 356 a. Cr.

(2) L'asse della Terra di 23° 27' 30", l'asse di Marte di 24° 52' sec. lo Schiaparelli.

Digitized by Google

macchie polari si dilatino alternativamente, e sempre in seguito alla stagione fredda del corrispondente emisfero.

Più incerte sono le cause che possono produrre le mutazioni di tinta e di splendore che avvengono a periodi di una certa lunghezza sull'area del pianeta. Potrebbero esse esplicarsi supponendo temporanee invasioni acquee; ma nulla si oppone nemmanco che sieno prodotte dall' alterno svilupparsi e morire delle piante nelle diverse stagioni.

Invece vere nubi vaganti nell'atmosfera sono certe macchie biancastre che rapidamente si formano, si sformano e scompaiono, che illuminate dal sole spiccano sulle parti più oscure e che, anche in quel mondo lontano, prediligono le stagioni invernali, come le brume da noi.

È difficile descrivere in brevi parole il fenomeno della geminazione, come è difficile esplicarlo. Uno dei tratti caratteristici della superficie di Marte sono i cosiddetti *canali*, colla quale parola si designano alcuni solchi rettilinei ed uniformi, che sembrano unire le maggiori chiazze oscure quasi lunghi stretti che colleghino due mari lontani. Ora, sul finire del 1879 come caso isolato, ma poi in modo splendido e generale dopo il 19 gennaio del 1881, quasi tutti tali canali si sdop-

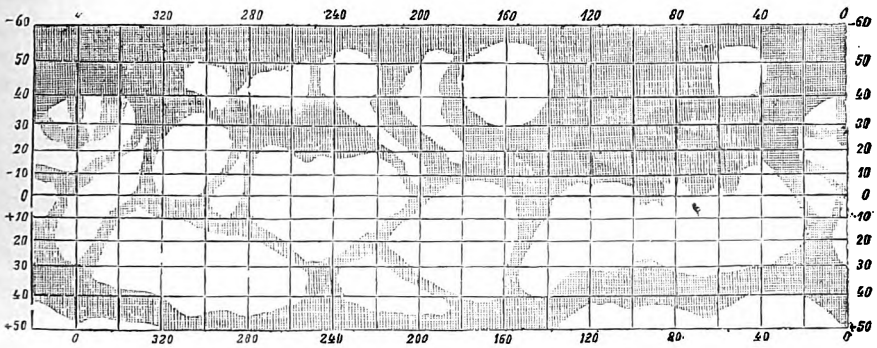


Fig 97. — Carta di Marte ridotta da quella del Kaiser e dello Schiaparelli.

piarono mostrando quasi identico e parallelo al primo un secondo canale della stessa forma e della stessa direzione (Fig. 98). Non è possibile dissimularsi l'importanza del fenomeno probabilmente periodico, ma d'altronde adesso qualsiasi giudizio sembra arrischiato sicchè, prima di emettere anche una semplice ipotesi è per lo meno opportuno di attendere condizioni analoghe a quelle in cui fu avvertito, condizioni che si avvereranno ancora nel gennaio del 1894.

Satelliti di Marte. Senonchè Marte in questi ultimi anni non fu oggetto di meraviglia soltanto coi fenomeni rilevati sulla sua superficie (1). La grande opposizione del 1877 doveva svelare al mondo civile la inattesa esistenza di due satelliti attorno ad un altro dei pianeti interni oltre la Terra (2). È curioso il sapere che i due satelliti erano stati preconizzati dal Keplero, e tuttavia in forma umoristica dallo Swift nei suoi viaggi di Gulliver e dal Voltaire nel suo Micromegas; ma da nessun astronomo erano stati veduti per la semplice ragione che nessuno dei vecchi strumenti avrebbe avuto potenza di farli scorgere. Fu nel grande rifrattore di 66 cent. d'apertura, posseduto dall' osservatorio di Washington negli Stati Uniti, che essi apparvero all'astronomo Asaph Hall l'11 e il 17 agosto del 1877, poi di nuovo in America e in Europa anche traverso rifrattori meno potenti, cioè di soli 30 cent. di apertura. Delle due lune, *Fobos* (1), quella che si trova più prossima al pianeta, è uno degli oggetti più difficili a rinvenirsi in tutto il sistema solare; la esterna, *Deimos*, può esser vista anche con telescopî di mediocre ingradimento (2); ma nè l'una nè l'altra si possono vedere salvo che nelle grandi op-

(1) *Annuario scient. ed ind.*. Anno XIV. 1877, pag. 1; Anno XV, 1878 pag 12; — *Comptes Rendus de l'Acad.* Vol. LXXXV. 1877. p. 536; — Newcomb. p. 357; — Houzeau, p 615

(2) V. Prospetto **XVII**

(1) Le denominazioni di *Fobos* e *Deimos* (in greco *fuga* e *spavento*) sono una reminiscenza omerica e furono suggerite ad Asaph Hall dall'astronomo Madam di Elton (Inghilterra). Esse rammentano l'episodio di Marte, che nel XV libro dell'Iliade fa i preparativi per vendicare la morte del figlio Ascalafo uccisogli dai Troiani

. . . . . e alla *Fuga* impose e allo *Spavento*
D'aggiogargli i destrieri; e di fiammanti
Armi egli stesso si vestiva . . . . . .
Omero, *Iliade*, trad. del Monti, libro XV, 142-144.

(2) Anche di 18 centim. d'apertura.

Digitized by Google

posizioni di Marte, sicchè fu a mala pena possibile nell'agosto e nell'ottobre del 1877 di calcolarne gli elementi, ed esse si sottrassero tosto agli avidi sguardi degli scienziati, nè saranno visibili prima del 1894.

La loro grandezza apparente è quella di una stella di 12.ª grandezza, ma appariscono

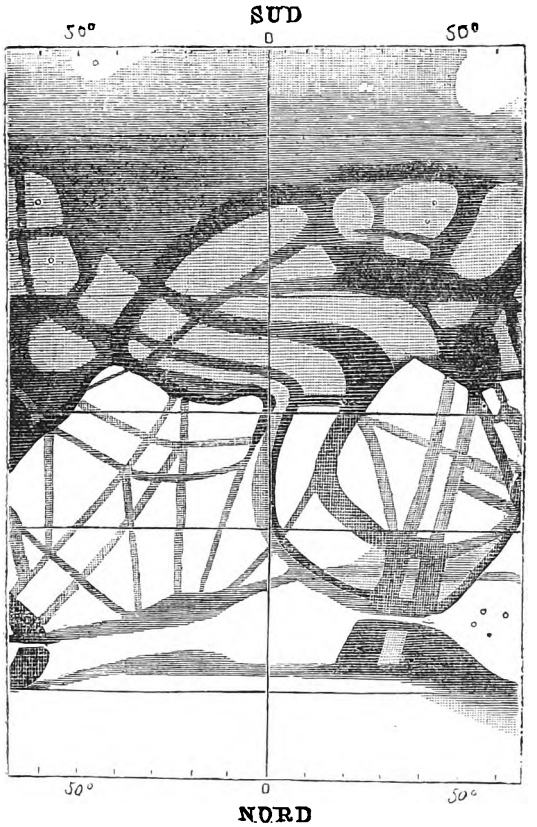


Fig. 98. — Porzione della superficie di Marte coi fenomeni della *geminazione*, sec. i disegni dello Schiaparelli.

NB. I segni ooo indicano macchie bianche come di neve.

di più debole splendore perchè circonfusi nella luce più viva di Marte, dalla cui superficie il satellite più vicino dista solo 5,900 chil. e il più lontano 19,600 chil. (1), cioè il primo appena una volta e $^1/_3$ la lunghezza della ferrovia del Pacifico, 5 volte la lunghezza d'Italia. Essi descrivono le loro orbite con rapidità sorprendente: il più interno in 7^{ore} 39$^{m.}$, il più esterno in 30^{ore} 18$^{m.}$. Quel primo quindi compie oltre a tre delle sue rivoluzioni durante un solo giorno del suo pianeta (2), e dal pianeta perciò apparirà sorgere ogni volta a ponente e tramontare a levante, non arrivando in tempo la rotazione di Marte a dare alla direzione del suo movimento quell'apparenza contraria alla realtà, che domina quasi tutti i moti planetarî (1).

I PICCOLI PIANETI (2). Osservando la vastità dello spazio interposto fra Marte e Giove il grande Keplero trovava che una *corda* ancora *mancava all'armonia dei cieli* (3); e più tardi la stessa considerazione doveva sorgere spontanea osservando la lacuna che appariva evidente nella serie del Bode, da noi già esposta in addietro. La prima notte di questo secolo, il Piazzi, scoprendo Cerere ⚳ (4). dalla specola di Palermo, rimetteva quella corda mancante, riempiva quella lacuna. Il numero 28 della serie del Bode aveva il suo rappresentante.

L'Olbers scopriva poco appresso un altro pianetino, Pallade; l'Harding nel 1804 un terzo, Giunone, e l'Olbers daccapo nel 1807 un quarto, Vesta, ⚶; — poi si ebbe quasi un quarantennio di sosta, finchè nel 1745 l'Hencke, segnalando Astrea, non ricominciava la serie delle scoperte, che in pochi anni dovea portare il numero degli asteroidi a non meno di 233 (5). Dunque un vero sciame di pia-

(1) Però dal centro del pianeta 9380 e 23400 chil.

(2) Però grazie alla rotazione del pianeta che accade nello stesso verso, ogni rivoluzione del satellite avrà un periodo apparente di circa 11 ore.

(1) Il diametro di Deimos, dietro apprezzamenti fotometrici, si stima fra 8 e 20 chilometri.

(2) NEWCOMB, p. 358; — CHAMBERS, p. 104; — HOUZEAU, p. 618; — FLAMMARION, *Les Terres du Ciel*, 450; — *Annuario scient. ed industr.* Anno III, 1866, p. 5; Anno VIII. 1871, p. 34; Anno IX, 1872, p. 60; Anno, X, 1873, p. 40; Anno XIV, 1877.

(3) HUMBOLDT, *Cosmos*, III, pag. 390; — MAINERI B. E. *L'astronomo Gius. Piazzi*, Milano, 1871.

(4) Dapprima si cominciarono a specificare i piccoli pianeti con nomi tolti alla mitologia; ma quando se ne accrebbe il numero si pensò a classificarli colla cifra ordinale che loro spetta in ordine di scoperta, il che non impedisce tuttavia di battezzarli con un nome qualsiasi. Il primo a chiamarli *asteroidi* fu Guglielmo Herschel dopo la scoperta di Pallade. Piuttosto che questo nome o quello di *planetoidi*, che alludono a somiglianze, quello colle stelle, questo coi pianeti, mentre in realtà essi sono veri e reali pianeti di dimensioni più piccole, senza escludere gli altri, credemmo di preferire gli appellativi di *piccoli pianeti* o di *pianetini*.

(5) Il massimo ardore nella ricerca dei piccoli pianeti cascò nel decennio tra il 1870 e 1879. Ecco l'ordine della loro scoperta, aggruppando gli anni più prossimi fra loro.

Fra il	1801	e il	1807	ne furono scoperti	4
»	1845	»	1849	»	6
»	1850	»	1859	»	47
»	1860	»	1869	»	52
»	1870	»	1879	»	102
»	1880	»	1883	»	22

I paesi più fortunati in tale ricerca furono l'America Settentrionale con 71 pianetini, la Francia con 63, l'Austria con 40, la Germania con 30, l'Inghil. con 18, l'Italia con 11.

Un solo ricercatore di pianeti, C. H. J. Peters di Clinton (New York) non ne scoperse meno di 42, a cui segue tosto il Palisa che a Pola ne scoperse 39, fra i 40 visti in Austria.

In Italia, Cerere fu scoperto dal Piazzi, 9 pianetini furono scoperti dal De Gasparis di Napoli, ed 1 dallo Schiaparelli di Milano.

Digitized by Google

neti, il cui primo manifestarsi fece correre le menti degli astronomi alle cause cosmogoniche, alle quali si poteva attribuire la sua formazione, tanto che l'Olbers volle ritenerli i frammenti di un maggiore pianeta esploso, pianeta che più tardi, nel 1850, allorchè se ne conoscevano 10 soltanto, Daniele Kirkwood credeva di poter idealmente ricostruire (1). Ma le ulteriori scoperte e lo studio delle orbite dei pianetini, e quindi la induzione degl' impulsi primordiali a loro spettanti, e il prevalere della teoria cosmogonica del Laplace fecero smettere tali congetture.

Anche prescindendo dalle loro limitate dimensioni, i pianetini si distinguono dagli altri pianeti per la *eccentricità* e per la *inclinazione* delle loro orbite. Sì l' uno che l' altro di questi due elementi presentano valori disparatissimi da pianetino a pianetino, ma in molti casi superano di gran lunga quelli dei maggiori otto pianeti (2).

Per esempio, la eccentricità di Etra [132] sale a 0.383, quelle di Andromaca [175], di Eva [164] e di Polimnia [33] rispettivamente a 0.348, 0.347 e 0.340; superando di gran lunga quella di Mercurio, di cui facemmo rilevare la importanza. D'altra parte Filomela [196], colla eccentricità di 0.005 si può dire percorra un'orbita quasi circolare, e le orbite di Lomia [117], coll' eccentricità di 0.023, di Abundantia [151] e di Ftia [189], con quella di 0.036, hanno grande analogia colle orbite della Terra (0.017) e di Urano (0.046) (3).

La più forte inclinazione sul piano dell' eclittica (4) è quella presentata dell' orbita di Pallade [2]. Essa ammonta a 34° 42′, e le tengono dietro quelle delle orbite d' Istria [183] e di Eufrosine [31], eguali a 26°40′ e a 26°29′, valori di gran lunga superiori a quello presentato dalla massima inclinazione delle orbite planetarie, poichè quella stessa di Mercurio forma appena un angolo di 7° 0′ col piano dell' eclittica. Anche fra i pianetini ve n' è però alcuno, che corre quasi nel piano stesso dell' eclittica, per es. Massalia [20] e Temi [24], che colle loro inclinazioni di 0°41′ 13″ e 0°48′39″, si avvicinano al meno inclinato fra i maggiori pianeti, cioè ad Urano (0°46′ 20″) (1).

Generalmente la media distanza della zona dal sole (2) casca tra i numeri 2.75 e 2.85, ritenendo che l'unità rappresenti la distanza della Terra (3). Ridotta in misura metrica, tale distanza oscilla fra 410 e 430 milioni di chilometri; perciò si avvicina in complesso molto più all' orbita di Marte (1.52 o 227 milioni di chilom.) che non a quella di Giove (5.20 o 777 milioni di chilom.). Tuttavia le orbite dei pianetini si stendono ben al di qua e ben al di là di quella linea mediana. Così Hilda [153], l' estremo fra essi, presenta una distanza di 3.944, e gli tengono dietro, con brevi divarî, Ismene [190] e Andromaca [175] colle distanze di 3.98 e 3.499; così i tre più interni, Medusa [149], Flora [8] ed Arianna [43] corrono a distanze medie dal sole ragguagliabili pel primo a 2.133, per gli altri due a 2.201 e 2.203. Quella massima distanza di Hilda e questa minima di Medusa corrispondono rispettivamente a 588 e a 318 milioni di chilometri.

Ne deriva una complessiva larghezza della zona pari a 270 milioni di chilometri, cioè ben maggiore che non sia la distanza del sole da Marte, e ne deriva ancora che il limite interno dell' anello medesimo dista poco più di 90 milioni di chilometri dall' orbita di Marte, mentre il limite esterno dista più del doppio, cioè circa 190 milioni, da quella di Giove.

Nè sembra che la distribuzione dei pianetini o la loro distanza dal sole sia capricciosa ed accidentale. Le loro orbite si succedono più fitte in zone determinate e divise da lacune, alla lor volta poste a determinate distanze dal sole. Ora, esaminando i numeri che rappresentano tali distanze, si vede ch'essi stanno fra loro in rapporto desumibile dalla rivoluzione di Giove (4). Ne deriva che siffatte lacune occupano il posto di pianeti, che se fossero in realtà esistenti, compirebbero le

(1) Hofer, *Hist. de l'astron.* pag. 585; — Humboldt, *Cosmos.* III. pag. 450.

(2) V. **Prospetto XVI**, colonna 4, 5, 8 e 12.

(3) Perchè si comprenda a che corrispondano tali eccentricità, diremo che la distanza di Etra (la cui orbita presenta la massima eccentricità) dal sole può variare fra 536 e 240 milioni di chil., e quella di Filomela, (la cui orbita è la meno eccentrica) può variare solo fra 463 e 458 milioni di chilometri.

(4) V. **Prospetto XVI**, colonna 11.

(1) Due terzi, e cioè non meno di 153 dei piccoli pianeti, presentano un'inclinazione maggiore di 5.°

(2) **Prospetto XVI**, colonne 4, 5 e 12.

(3) Di 236 calcolati fin un anno fa, si trovano a una distanza media:

tra 2.13 e 2.50 = 55 pianetini tra 2.75 e 3.00 = 42 pianetini
» 2.50 e 2.75 = 78 » » 3.00 e 3.94 = 51 »

(4) Cioè i cubi delle distanze che separano tali lacune dal sole stanno fra loro come i quadrati dei summultipli della rivoluzione di Giove. Ci spieghiamo: le distanze di tali lacune sono date dai numeri 3.28, 2.50, 2.06. Ora la rivoluzione di Giove è data dal numero 11.86 e i suoi summultipli $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, son dati dai numeri 5.93, 3.95, 2.96. Se noi facciamo i cubi dei numeri 3.28, 2.50 e 2.06 rappresen-

Digitized by Google

loro rivoluzioni secondo le leggi di Keplero, e la cui assenza palesa l'effetto di una perturbazione dovuta sopratutto alla massa di Giove (1).

I pianetini poi descrivono le loro rivoluzioni (2) in periodi che stanno generalmente fra 4 e 5 anni; ma alcuni fra essi hanno un periodo più lungo, per es. Hilda [153] che impiega non meno di 7 anni e 308 giorni a percorrere la sua orbita, mentre altri lo presentano assai più breve, come per es., Medusa [149], che non mette a descrivere la sua più di 3 anni e 41 giorni.

La moltitudine degli asteroidi, che si può ritenere assai maggiore dei 233, da noi conosciuti, e le varie eccentricità ed inclinazioni delle loro orbite fanno presupporre un modo d'intersecazione delle medesime speciale e diverso da quanto accade pei maggiori pianeti. Anche prescindendo dall'eventualità che i loro movimenti dieno origine ad un cozzo, che al Littrow non pareva improbabile, tutto induce a ritenere facili e numerose le perturbazioni ch'essi devono esercitare reciprocamente gli uni sugli altri.

Tuttavia la loro mole è così esigua che tali perturbazioni si possono sì esercitare fra loro, ma o non hanno affatto influenza o la hanno minima sui pianeti più prossimi, Marte e Giove.

I pianetini si presentano tutti coll'aspetto di punti lucenti privi di diametro apparente. I tentativi di misurare direttamente i diametri dei quattro primi avean dato già in addietro origine a discordanze tali che tradivano la incertezza dei risultati, e lo stesso può ripetersi delle due misure del diametro di Vesta [4], fatte dal Tacchini e dal Milossevich nel 1881 (3).

Il loro aspetto uguaglia generalmente quello che presentano le stelline di 11.ª o 12.ª grandezza (1). Fu quindi dal loro splendore, che mediante indagini fotometriche si potè trarre qualche indizio sulle loro dimensioni.

Si venne perciò ai risultati esposti nelle tabelline costruite dall'Argelander e dallo Stone, la prima delle quali comprende 33 e la seconda 71 pianetini, de' cui diametri si danno le lunghezze. Secondo l'Argelander, il massimo diametro verrebbe offerto da Vesta con 434 chil., il minimo fra i 33 misurati da Tetide con 60 chil.; secondo lo Stone, fra i 70 da lui calcolati, il diametro più grande sarebbe ancora offerto da Vesta con 344 chil., il più piccolo da Eco con 29.

I massimi splendori, e quindi logicamente le massime dimensioni, spettano generalmente ai primi scoperti. Il Littrow, presi ad esame i primi 70, tentò d'indurre un certo rapporto tra i due fatti: diametro e ordine di scoperta. E n'ebbe per risultato che le medie dei diametri di ciascuna decina di piccoli pianeti vanno man mano diminuendo coll'ordine successivo di scoperta, come lo dimostra la tabellina seguente:

Ordine di scop.	Diametri in chil.	Ordine di scop.	Diametri in chil.
1-10	206	41-50	56
11-20	111	51-60	63
21-30	78	61-70	67
31-40	82		

La mutabilità dello splendore in alcuni fra essi (per es. in Frigga [77]) pare si debba spiegare colla esistenza di satelliti che vi si aggirino intorno.

Le dimensioni accennate mostrano che, per eguagliare la mole della Terra, bisognerebbe mettere assieme ben più che un migliaio dei maggiori (2) pianetini, ovvero qualche decina di migliaia di quelli a diametro più modesto. Accettate poi per essi le dimensioni dedotte dalle indagini e dai raffronti fotometrici, presi tutti assieme quei 233 pianetini noti finora, non potremmo formare un pianeta che avesse un diametro maggiore di 650 chilometri, tale

tanti le distanze delle varie lacune, e i quadrati di questi summultipli, avremo rispettivamonto le serie,

35.28, 15.62, 8.73
35.21, 15.60, 8.76

che evidentemente si corrispondono, e corrisponderebbero ad un tempo alla terza legge di Keplero, qualora si supponesse un pianeta esistente al posto di ciascuna lacuna.

(1) V. PARMENTIER, *Distribution des petites planètes dans l'espace*, in *L'Astronomie*, *Revue mens.* del FLAMMARION, 2.° Anno. 1883. giugno, p. 213.

(2) V. **Prospetto XVI.**, col. 7.

(3) *Astronomische Nachrichten*, Altona, 1881, XCVIII, 56 e XCIV, 174. Il diametro di Vesta (☊) al Tacchini apparve pari a 0″.830, al Milossevich pari a 0″.597, se visto alla distanza del sole (2.36). Visto alla distanza *uno* esso apparirebbe eguale ad 1″.96 od 1″.41 cioè c.ª ad $\frac{1}{9}$ o ad $\frac{1}{12.6}$ del diametro terrestre, cioè ancora tra 1300 e 1000 chilom.

(1) Salvo forse una dozzina. Visibili da un occhio acuto e in favorevoli condizioni havvene due: Vesta (☊) e Cerere (☿) che oscillano fra la 6.ª e la 7.ª 5 grandezza, quando si trovano in opposizione.

(2) Accettando la media fra i diametri trovati per Vesta dal Tacchini e dal Milossevich pari ad $\frac{1}{10.8}$, il volume di tale pianeta sarebbe eguale ad $\frac{1}{1260}$ quello della Terra. Ma si badi come quel valore è uno dei maggiori che si offrono per Vesta. Ritenendo colla maggioranza degli astronomi il suo diametro pari a 3 o 400 chilometri, il suo volume potrebbe essere tra $\frac{1}{77000}$ e $\frac{1}{33000}$ di quello della Terra.

Digitized by Google

cioè che sarebbe fornito di un volume ancora 140 volte più piccolo di quello della luna e 7500 volte minore di quello della Terra. È facile comprendere come, a parità di densità, un corpo cosiffatto potrebbe esercitare soltanto un lieve effetto perturbatore sulle orbite di Marte e di Giove, effetto che diventa trascurabile colla dispersione della sua massa in tali minuti frammenti planetari. A proposito dei quali, è curioso pensare, se essi sono abitabili (come si potrebbe arguire dalla probabile esistenza di atmosfera che sembra circondarne alcuno), alla brevità di mondo al quale ognuna di quelle genti è condannata. Dando a Vesta il diametro di 400 chilom., la sua superficie sarebbe di circa 500 mila chil. quadr., suppergiù quella della Francia; dando ad Eco il diametro di 29 chil., la sua superficie non supererebbe i 2615 chilometri, cioè quella di una fra le più piccole provincie d'Italia, $^1/_3$ di quella della Corsica.

Analogamente, gli oggetti posti sulla loro superficie devono avere un minimo peso. Uno di noi portato sopra un di quei brevi mondi, con piccolo sforzo potrebbe balzare all'altezza di 20^m e ricascare al suolo senza farsi del male, nè produrre strepito sensibile (1). V'ha di più. Si vuole che una pietra lanciata da un'eruzione vulcanica avvenuta eventualmente in uno fra essi, possa oltrepassare la sua cerchia di attrazione e cascare sulla superficie del pianeta vicino.

È questa stessa piccolezza che rende difficile calcolarne con grande esattezza gli elementi. Fin al 1866 solo di 12 fra essi si possedevano le tavole per conoscere le posizioni future, e adesso pure tal numero è appena raddoppiato. Quindi la facilità di smarrirli, come avvenne per Frigga [77], per Dice [99] e per Camilla [107], o di scambiarli fra loro. Il lavoro delicato ed improbo che è richiesto dapprima dalla loro ricerca e poscia dalla determinazione delle loro orbite, e la poca importanza che ognuno fra questi corpuscoli, considerato individualmente, presenta per lo studio dell'intero sistema, hanno fatto sorgere il dubbio se sia prezzo dell'opera di proseguire nel cercarli e nel calcolarli con quella alacrità che era parsa doverosa nei due ultimi decennî. Sia che tale dubbio, sollevato fin dal 1866 dallo Schiaparelli in Italia e dal Förster in Germania (2), abbia avuto un'azione sugli astronomi, sia che realmente il numero dei pianetini percepibili coi nostri mezzi vada esaurendosi, fatto sta che negli ultimi anni la statistica della scoperta di pianetini segna una certa diminuzione. In contrapposto si avverte tra i dotti la tendenza a servirsi di alcuni fra essi nella determinazione di altri elementi planetari e valga per tutti quello della parallasse solare di cui già tenemmo parola (1).

(1) HERSCHEL, *Outlines of Astron.* pag. 352.
(2) *Annuario scient ed industr.*, Anno X, 1873, p. 41.

GIOVE, (4) (2). Alla zona dei corpuscoli planetari tien dietro immediatamente, e quasi a compenso, il più grosso corpo, che, dopo il sole, vanti il sistema (3). Lo vedemmo superare il volume della Terra di almeno 1370 volte; anzi di 1 volta e $^1/_2$ quello di tutti i pianeti sommati assieme. Ciò tuttavia non lo rende ancora paragonabile al sole, il cui volume lo supera di quasi un migliaio di volte.

Lontano dal sole oltre a 5 volte più che la Terra, cioè circa 777 milioni di chilometri, ora, grazie alla sua notevole eccentricità, gli si avvicina a 740, ora se ne discosta a 814 chil.; ma in media l'astro del giorno gli apparisce come un disco 27 volte minore che non sembri a noi, e che gli invii parimenti 27 volte meno di calore e di luce, che non arrivino alla Terra.

Per quanto gli si attagli il nome di pianeta giganto, la sua distanza dal sole e la speciale natura della sua superficie ne rendono lo splendore mite e tranquillo, tanto da meritargli l'appellativo di *dolce stella*, col quale lo invoca l'Alighieri (4), e quello di

Triste larme d'argent du manteau de la nuit,

col quale lo designa Alfredo di Musset.

D'altra parte la mitezza del suo splendore non toglie che, dopo Venere, esso brilli più vivo di tutti i pianeti (5), specialmente nelle sue opposizioni perigee. Allora esso vince di 10 volte lo splendore della Capra, rimane di poco più che 6500 volte meno splendido della luna piena, può essere visibile di pieno giorno e può produrre un'ombra sensibile.

Stante che la sua rivoluzione dura quasi

(1) V. pag. 49.
(2) CHAMBERS, p. 110; — NEWCOMB, p. 365; — HOUZEAU, p. 641; — FLAMMARION, *Les Terres du Ciel*, p. 461; — SECCHI, *le Soleil*, II. pag. 382 e 394; — I., *La Tache rouge de Jupiter*, in *L'Astronomie, Revue mens.* del FLAMMARION, Anno 1°, 1882, pag. 59; — *Annuario scient. ed industr.*, Anno VII, 1870, p. 42; — VIII, 1871, p. 51; IX, 1872, p. 37; XII, 1875, p. 19; XIV, 1877, p. 11; XVII, 1880, p. 9.
(3) La prima menzione astronomica di Giove risale al 240 av. Cristo.
(4) *Paradiso*, c. XVIII, v. 115.
(5) I Greci lo chiamavano talvolta col nome di *Faeton*, il cocchiere dello splendido carro. Cnfr. HUMBOLDT, *Cosmos*, III. p. 381.

Digitized by Google

12 anni, la Terra impiega poco oltre ad un anno, un mese e una settimana per rimettersi fra esso e il sole. Perciò le opposizioni di Giove accadono frequenti. Le ultime passate e le prossime ad avvenire furono e saranno quelle:

del 12 novembre 1881;
» 17 dicembre 1882;
» 25 gennaio 1884;
» 3 marzo 1885.

La piccola inclinazione della sua orbita (1°18'41") era stata avvertita ancora dagli astronomi caldei, che designandolo col nome di *pianeta dell' ecclittica*, indicavano, con una tal quale approssimazione, la via ch'esso descrive nel cielo.

Anche l'asse di Giove è di pochissimo inclinato sul piano della sua orbita, d'onde una decisa uniformità di stagioni, una specie di perpetua primavera, quasi da dar ragione all'astrologia medioevale, che lo qualificava di *temprata stella* (1).

Giove ruota assai rapidamente intorno al proprio asse. Una delle sue macchie permise al Cassini, fino dal 1665, di determinarne la rotazione in $9^{ore}\ 56^{m}$. Ma poi si sollevarono dei dubbi sul fatto se le macchie formino o meno aderenza col corpo del pianeta, e quindi sulla esattezza di tale valore. Diligenti indagini mostrarono ch' esse posseggono un moto non strettamente connesso con quello del pianeta, la cui rotazione apparente presenta una velocità angolare diversa a varie latitudini, con una certa analogia con quanto riscontrammo sul sole. Tuttavia le determinazioni dello Schmidt (1867-74) si avvicinano a quella prima del Cassini e attribuiscono alla rotazione di Giove un valore oscillante fra $9^{ore}\ 55^{m}$ e $9^{ore}\ 56^{m}$ (2), al quale si avvicinano anche gli altri più accreditati valori, che risultano dalle indagini più recenti. Quindi la durata di tale rotazione si può ritenere di $9^{ore}\ 55^{m}\ 1/_{2}$, sempre avvertendo che ad essa non si può attribuire la esattezza riconosciuta per gli analoghi valori di Marte o di Venere.

Una così rapida rotazione, da un lato, solecita l'avvicendamento dei giorni e delle notti di Giove, sì che il suo anno, pari a 4333 giorni dei nostri, ne comprende 10455 dei suoi; dall'altro, genera una potentissima forza centrifuga. Ogni punto dell'equatore di Giove descrive in $9^{ore}\ 55^{m}$ una circonferenza più di 11 volte maggiore di quella che descrive in 24 ore ogni punto dell'equatore terrestre, il che dà luogo in quel pianeta ad una velocità di movimento circa 26 volte maggiore che non sia quella di qualsiasi punto dell'equatore terrestre. Allorchè parleremo del nostro pianeta avremo occasione di sviluppare le conseguenze di una tale velocità di moto rotatorio. Adesso solo diremo, ch' essa nelle molecole componenti il corpo di Giove ingenera una tendenza a sfuggire secondo la direzione tangenziale in modo ben più deciso che non avvenga sulla Terra o in altri corpi di raggio più piccolo e di rotazione più lenta. Se la materia che costituisce un corpo come quello di Giove è in uno stato di mediocre aggregazione, una tale velocità di movimento rotatorio deve arrivar a vincere o almeno a scemare la forza di gravità e a produrre quindi lungo l'equatore, cioè lungo la linea di massima velocità rotatoria, un allontanamento delle molecole dal suo centro o, in altre parole, un rigonfiamento equatoriale, a cui deve fare riscontro un analogo schiacciamento polare. E realmente Giovanni Cassini nel 1717 pel primo calcolava che fra il diametro polare e il diametro equatoriale di Giove corresse una differenza non minore di $^{1}/_{15}$ differenza che adesso si ritiene di poco minore, cioè pari ad $^{1}/_{16}$ del diametro maggiore (1). Schiacciamento assai rilevante, secondo il quale il primo dei due diametri sarebbe più piccolo del secondo di quasi 8900 chilometri, quando la differenza fra i due assi terrestri di poco supera i 44 chilometri.

Oltre allo schiacciamento, un'altra circostanza indica scarsa la densità della materia che costituisce il pianeta; vale a dire la sua massa non proporzionale al volume. Questo è circa 1370 volte, quella solo 300 volte maggiore della terrestre. Quindi una densità 4 volte minore di quella del nostro pianeta e di poco superiore a quella dell'acqua.

(1) . . . . . .
« Per lo candor de la temprata stella
Sesta, ... ecc.
ALIGHIERI, *Parad.*, c. XXII, 69.

« Quindi m'apparve il temperar di Giove . . .
Id. *Parad.*, c. XXII, 145.

(2) Anzi le ultime sue del 1882 danno un valore di 9ore 55m. 36s.

(1) Le ultime determinazioni dànno dei valori alquanto più piccoli. Eccoli:

Main e Bellamy (1874) $= \frac{1}{17.95}$

Bellamy (1875) $= \frac{1}{17.91}$

Houg e Colber $= \frac{1}{16.76}$

Digitized by Google

Una massa 300 volte maggiore, se fosse concentrata in una sfericciuola grande come la Terra, porterebbe la conseguenza di un peso alla superficie del corpo di 300 volte maggiore che non sia sul nostro globo. Ma ogni punto di Giove dista dal suo centro 11.1 volte più che ogni punto della superficie non disti dal centro terrestre, epperciò l'attrazione centrale in esso sarebbe 126 volte minore che non sulla Terra. Da queste circostanze, che agiscono in senso opposto, ne risulta che il peso di qualsiasi corpo alla superficie di Giove riesce soltanto di 2 volte e mezza maggiore che non sia da noi.

Uno degli argomenti più interessanti per l'astronomia planetaria è quello delle varie apparenze di Giove. In contrapposto di Marte, esso non presenta alcuna costanza di aspetto, per cui sarebbe frustraneo qualsiasi tentativo di costruirne una carta. La figura della sua superficie varia per lo più di seguito, dando origine in tempo relativamente breve a modificazioni notevolissime. Già dall'epoca del Cassini si erano sovr'esso segnalate delle macchie, che poterono servire, come dicemmo, a determinarne la rotazione; poscia a queste macchie si riconobbe varietà di movimento e di colore e qualche analogia di forma colle macchie solari. Però, ancora pochi anni fa, caratteristiche di Giove erano le cosiddette, fasce equatoriali, larghe zone parallele, visibili anche con telescopî di mediocre ingrandimento e segnalate dal padre Zucchi fino dal 1630. Venivano esse giudicate nubi vaganti nell'atmosfera di Giove e ivi cacciate da venti analoghi ai nostri alisei, anzi l'Herschel, nelle parti oscure, credeva di riconoscere la superficie del pianeta e nelle bianche le nubi più capaci a riflettere la luce.

Senonchè le indagini più recenti, compiute a mezzo di potenti telescopî (Fig. 99), mostrarono complessa la struttura delle fascie, che appaiono costituite da svariatissime forme nebulari, e sopratutto, mutabili in modo così rapido da non presentare se non di rado lo stesso aspetto anche in due notti consecutive. Questo nei particolari; poichè nell'aspetto generale il disegno del pianeta mostra talvolta una certa costanza per parecchi mesi ed anche per anni.

Alle mutazioni di forma fanno riscontro le mutazioni di colore, alle quali la superficie di Giove va soggetta. Il Gruithuisen, il Secchi, l'Huggins, il Browning le segnalarono a varie riprese. Notabili fra le altre sono le striscie gialle verdastre osservate nel triennio del 1858, 1859 e 1860 e rivedute negli anni 1870 e 1871 e le magnifiche striscie a vari colori

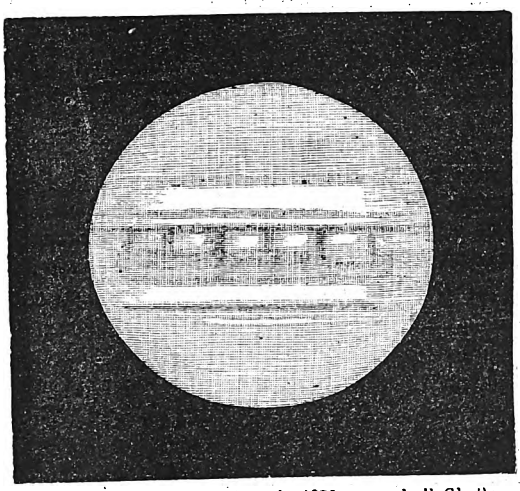


Fig. 99. — Giove il 31 gennaio 1870, secondo il Gledhill

osservate dal Lassel nel dicembre del 1871 (1), come pure la celebre macchia ovale rosso-mattone (Fig. 100), che si vide sul disco del pianeta dal 1878 al maggio 1883, e scomparsa per poco, riapparve nell'agosto e nei mesi successivi (2).

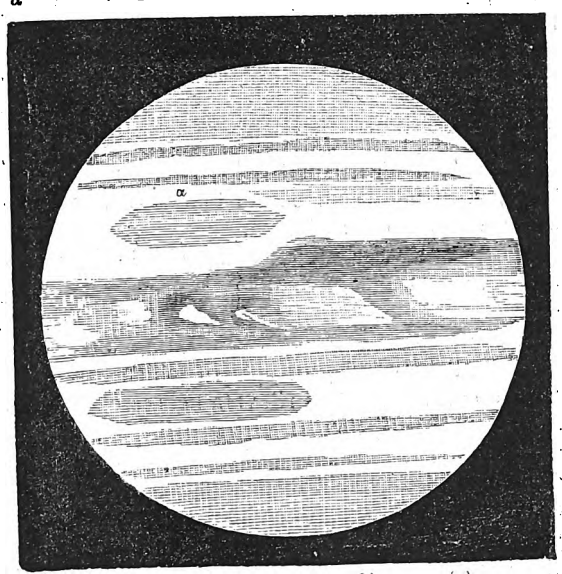


Fig. 100. — Giove e la macchia rossa (a) il 6 agosto 1882, secondo il Denning.

(1) *Annuario scient. ed ind.*, Anno XIII, 1871, p. 51, e Anno IX, 1872, p. 37.

(2) Del 1883. V. *L'astronomie Revue Mens.* del FLAMMARION, fasc. del luglio 1883, p. 272 dic. 1883, pag. 462 e genn. 1884, pag. 29. Fu questa macchia rossa che, grazie alla sua costanza, fornì il mezzo di determinare con maggiore sicurezza la rotazione del sole. V. ancora nella stessa rivista, fasc. del febbraio 1883, pag. 47, DENNING. *Osservat. de Jupiter.*

Digitized by Google

La variabilità dell'aspetto di Giove ci ammaestra che quanto noi vediamo di esso non spetta a una sfera solida e compatta, ma ad una sostanza vaporosa che riveste il pianeta e della quale noi vediamo la superficie esteriore soltanto. A ritener ciò siamo indotti anche dalla osservazione del Todd, che, cioè, i satelliti non si occultano sempre ad un tratto dietro l'orlo del pianeta, ma talvolta anche dopo averlo oltrepassato, si scorgono alquanto tempo più o meno sfumati, come se esso orlo fosse costituito da un'atmosfera densa sì, ma ancora trasparente (1). Di più il Burton osservava come nei loro passaggi la loro ombra si projetti in forme bizzarramente allungate, che tradiscono la irregolarità e l'asprezza che la superficie esterna di Giove presenta (2).

Nè va taciuto come questo pianeta apparisca più splendido nelle parti di mezzo, che non nelle periferiche del suo disco, quasi emetta luce propria assorbita in parte da una densa atmosfera, con notevole analogia con quanto rilevammo sul sole (3). Forse è appunto effetto di tale emanazione propria di Giove, se la sua *albedo*, o il potere riflettente la luce, apparisce così rilevante nell'assieme del corpo (0.62), il che, stante la differenza tra il potere luminoso delle parti centrali confrontate colle periferiche, trarrebbe a concludere che in quelle è certamente superiore alla unità, vale a dire, non è solo potere riflettente, ma tradisce un effetto luminoso autonomo e proprio del pianeta.

I fenomeni riscontrati dunque sul globo di Giove palesano in lui una natura diversa da quella dei pianeti finora passati in rassegna. E a conferma di questo giudizio stanno anche risultati delle indagini spettroscopiche. La zona oscura, dal Secchi rilevata nel rosso dello spettro di Giove, non si trova nella nostra atmosfera, ma soltanto, e più cupa, in quella di Saturno (4). Quindi, frammezzo una grande copia di vapor acqueo molto assorbente, è presumibile che a formar parte dell'atmosfera di Giove entri una sostanza a noi ignota.

Ma anche, senza ammettere come necessario questo nuovo elemento, qualora si considerino in Giove: da un lato, la forma e la mobilità delle macchie, la generale variabilità e disformità dell'atmosfera e i suoi curiosi coloramenti, la probabile luminosità propria del pianeta, e, dall'altro, l'enorme volume, la massa relativamente esigua, la scarsa densità e il forte schiacciamento; si è indotti a riconoscere una notevole analogia fra esso e il sole, o per lo meno un modo di essere intermedio fra quello che siam soliti a trovare nei pianeti e quello che riscontrammo sul sole. Ammessa quindi per un momento la teorica nebulosa del Laplace, Giove si troverebbe in uno stadio di esistenza anteriore a quello che la Terra presentemente traversa, stadio in cui la materia che lo costituisce è ancora in una condizione critica e quasi caotica, suscettibile di produrre fenomeni termici e luminosi assai rilevanti. Così fra Giove ed il sole si avrebbe una relazione di somiglianza certamente non accidentale (1), e del pari una certa coincidenza fra i fenomeni luminosi e cromatici di Giove e i fenomeni magnetici terrestri e le macchie solari, fa pensare a una probabile e ben importante influenza che i due maggiori corpi planetarî esercitino l'uno sull'altro ed entrambi su tutto il sistema (2).

Come si vede il nostro giudizio sulla na-

(1) *Annuario* cit., Anno XIII, 1877, p. 11.

(2) *Annuario* cit., Anno XI, 1875, p. 19.

(3) Questa luce propria dev'essere tuttavia assai debole, perchè altrimenti i satelliti dovrebbero continuare ad essere visibili anche entrando nel cono d'ombra di Giove, il che non succede.

(4) Secchi, *Le Soleil*, II°, p. 382.

(1) La emissione di luce propria da Giove è avvalorata anche da recenti studî fotografici. Bastano 6 secondi di posa per ottenerne una buona imagine fotografica, mentre ne occorrono 60 per quella di Giove.

Quanto al fenomeno della colorazione, esso non può essere esplicato come quello di Marte con fenomeni di vegetazione, stante l'uniformità delle stagioni in Giove, necessaria conseguenza dell'essere il suo asse perpendicolare al piano dell'orbita. Questa stessa uniformità esclude l'ipotesi dell'accumularsi di nubi pari alle terrestri qua e là lungo la sua superficie per forze esteriori. Parimenti queste forze esteriori (radiazione solare) operanti a grande distanza non possono essere giudicate sufficienti a produrre le rapidissime mutazioni, che in tempo assai breve talvolta si riscontrarono sulla superficie del pianeta. Per tutte le predette considerazioni si è costretti a riconoscere nell'azione di forze interne la causa dei fenomeni avvertiti sulla superficie di Giove.

(2) Non è superfluo forse accennare come già dal Gruthuisen e poi dallo Zöllner si fosse segnalata specialmente la coincidenza fra i fenomeni di coloramento di Giove, le agitazioni magnetiche terrestri, e i periodi di massima delle macchie solari. Tuttavia datano ancora da troppo poco tempo le indagini intorno alla superficie di Giove per poter fare dei confronti concludenti e decisivi. V. in proposito *Annuario scientific. ed industr.*, Anno VIII, 1871, pag. 51, e anno IX, 1872, p. 37, e Hahn; *Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken Periode zu meteorol. Erscheinungen*. Leipzig, Engelmann, 1877, p. 176.

A rammentare alcune di queste coincidenze, nel seguente prospettino si mettono a riscontro alcuni anni in cui si osservarono fenomeni rilevanti su Giove, sul sole e sulla Terra:

Anno 1790	= variazioni su Giove.	1788 e 1792	= gravi perturbaz. magnetiche
Anno 1850	= » » »	1848 e 1850	= perturbaz. magn. e macchie solari
triennio 1858-59-60	= » » » macchie verdi ecc.	1859 e 1860	= » » » »
1869-70-71	= » » » macchie, striscie .	1869 e 1870	= » » » »

Digitized by Google

tura e sulla costituzione di Giove è quale può essere dato di un corpo del quale si conosce appena l'aspetto dell'involucro che lo circonda. Quindi ogni induzione, che si volesse fare intorno allo sviluppo della vita vegetale o animale sovr'esso, sarebbe assolutamente temeraria. Certamente le condizioni speciali della sua atmosfera debbono essere diversissime dalle terrestri attuali; ma se esse assomiglino a quelle, che la nostra atmosfera attraversò in una od in un'altra delle passate epoche geologiche, non si può seriamente nè negare, nè affermare.

SATELLITI DI GIOVE. Non ci arrestiamo sulla scoperta di quel *Mundus Giovialis* (1), che al suo svelarsi destò tanta meraviglia e tante controversie, e che, d'allora in poi, in 270 anni, non doveva, esempio unico nel nostro sistema e in così lungo periodo, subire accrescimento di sorta per nuove scoperte.

Se le indagini recenti ci permettono di presentare Giove quale un sole in miniatura, già i primi astronomi copernicani divinarono in quei quattro suoi satelliti un esemplare visibile del sistema intero. Difatti le stesse leggi di Keplero regolano le loro distanze come i loro movimenti, e analogamente a quanto rilevammo nel sistema maggiore, anche fra loro la grandezza varia in modo che il III possiede il massimo (5790 chil.), il II il minimo diametro (3430 chil.) (2).

Tali diametri tuttavia rammentano per dimensioni quello della luna (3480 chil.), arrivando però i maggiori fra esso (III e IV) a superare quello stesso di Mercurio (4800 chil.). Sono corpi dunque di dimensioni non trascurabili, tali da permettere che noi li vediamo col solo aiuto di un buon cannocchiale da teatro, ed in circostanze favorevoli, taluno fra essi anche ad occhio nudo. Veramente essi appariscono come stelline circa di 7ª grandezza, anzi il III satellite può arrivare anche alla 5.ª 6 grandezza; ma la difficoltà di scorgerli deriva specialmente dallo splendore del pianeta, che non dista, nemmeno dal più lontano fra essi, più di 14 minuti d'arco.

Del resto anche la loro luce non è sempre eguale, nè variabile solo in rapporto della loro distanza da noi e dal sole, ma, specialmente per i tre pianeti più interni, presenta delle curiose irregolarità. Le recenti osservazioni dell'Auwers e dell'Engelmann (1), mostrarono come solo il IV satellite presenti regolarità di variazioni nello splendore, mercè le quali se ne deduce un periodo di rotazione identico a quello di rivoluzione, come avviene per la luna. Le anomalie luminose degli altri tre provengono probabilmente da macchie che vanno ogni qual tratto formandosi alla loro superficie, e la percezione delle quali è più facile ottenere con indagini fotometriche di quello che a mezzo del telescopio.

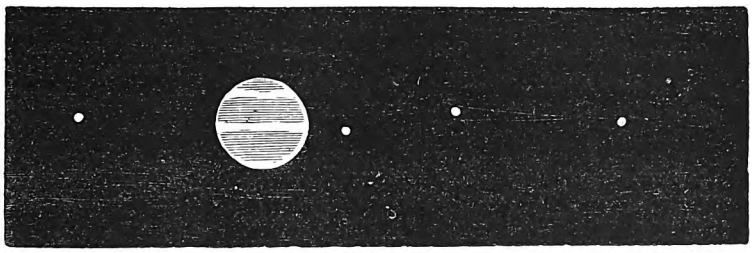


Fig. 101. — Giove e i suoi quattro satelliti.

Rispetto alle dimensioni del pianeta, le loro distanze da Giove, che stanno fra 5.9 e 26.5 dei suoi diametri, sono ben piccole, se teniamo conto che la luna dista 30 diametri terrestri da noi; ma in via assoluta nessuno è tanto vicino al centro di Giove, com'è la luna a quello della Terra. Siffatta prossimità lascia pensare alla esistenza di un 5.° satellite, posto a maggiore distanza e paragonabile a Giapeto del sistema di Saturno. Le citate distanze poi seguono una legge molto analoga a quella del Bode o del Titius, di cui discorremmo (2).

Dominati da una massa così potente, com'è quella di Giove, essi percorrono le loro orbite con una notevole rapidità, di gran lunga maggiore di quella della luna; poichè il I compie il suo giro in 1 giorno, 18 ore e $^1/_2$ circa, mentre il IV vi impiega 16 giorni, 16 ore e $^1/_2$ circa, correndo quello colla velocità di quasi 18 chilom., questo di 8 $^1/_2$ al secondo. La Terra corre però più veloce, cioè colla

(1) O *Pianeti Medicei*, *Sidera Brandeburgica*, nomi laudatori, andati ben presto in disuso. Vedi il Prospetto XVIII.

(2) Simon Mario (Mayer) propose di chiamare i satelliti coi nomi di *Io*, *Europa*, *Ganimede*, *Calisto*, seguendo l'ordine di distanza dal pianeta. Tuttavia prevale l'uso di designarli semplicemente coi numeri indicanti il loro ordine di distanza dal pianeta.

(1) *Annuario scient. ed ind.*, Anno IX, 1872, pag. 40; — SECCHI, *Le Soleil*, vol. II°, p. 405; — NEWCOMB, p. 371.

(2) Tale regola è data dalla cosidetta formula d'Oltremare, che valé, mutandone alcuni termini per i tre maggiori sistemi di satelliti, cioè quelli di Giove, Saturno e Urano. V. *Annuario scient. ed industr.* Anno VII, 1870, p. 42.

Digitized by Google

velocità di circa 30 chilometri nello stesso tempo.

I satelliti di Giove, coi loro periodi, fornirono argomento a ricerche curiose di alta matematica, sia per quanto riguarda le loro variazioni secolari, come anche alcune singolari corrispondenze dei valori dei periodi (1), e del pari la loro scoperta era appena stata fatta che il Galilei avea pensato di utilizzarli per la determinazione delle longitudini terrestri (2). Ma, più che per queste qualità, i satelliti di Giove son rammentati perchè fornirono elemento alla soluzione di uno fra i più importanti problemi della fisica terrestre e l astronomica che si conoscano: quello della *velocità della luce* (3).

I satelliti di Giove colle loro rivoluzioni dànno origine a quattro fenomeni principali: quello delle *eclissi* o immersione del satellite nel cono d'ombra che il pianeta proietta nella parte del cielo opposta al sole; quello del *passaggio d' ombra*, che succede allorchè il satellite s'interpone fra Giove e il sole in modo da proiettare la propria ombra sul pianeta; quello dell'*occultazione*, che succede allorchè il pianeta s'interpone fra il nostro occhio e il satellite in modo da renderlo invisibile; finalmente quello del *passaggio del satellite*, che ha luogo allorchè il satellite s'interpone fra il nostro occhio e Giove, in modo da projettare la propria imagine sopra un punto qualunque del pianeta.

Di questi fenomeni, quello che viene utilizzato per la misura della velocità della luce, è il primo cioè quello dell'eclissi. Abbiamo detto che un'eclissi ha luogo allorchè un satellite s'immerge nel cono d'ombra che Giove projetta dietro di sè. Se Giove mantenesse sempre la stessa distanza da noi, ovvero se la trasmissione della luce fosse istantanea, il tempo che separa due o più eclissi successive dovrebbe in qualunque circostanza essere il medesimo, cioè essere sempre uguale a tante volte la durata della rivoluzione del satellite intorno a Giove, quante se ne considerano. Questo però non avviene. Succede invece che il tempo trascorso fra due eclissi successive sia maggiore in certe circostanze che non in circostanze diverse. E precisamente si vede che, se noi osserviamo l'emersione da un'eclissi quando Giove si trova in opposizione e poi teniamo conto del tempo che trascorre da quella fino all'istante di una nuova immersione, quando Giove si trova in congiunzione, quindi di nuovo si attenda il momento dell'emersione e si calcoli il tempo che corre fino alla prossima eclissi che avrà luogo in opposizione, si vedrà che la durata del tempo interposto fra le due eclissi nel primo caso sarà di 33^m, 12^s maggiore di quella interposta nel secondo caso. Ecco come avviene la cosa. Nel loro moto orbitale attorno al sole S, (v. Fig. 102), Giove e la Terra ora si trovano più vicini ora più lontani tra loro, in modo che la distanza interposta ora può essere rappresentata da G ovvero da T'' G'' (opposizione), ora da T G (congiunzione) (Fig. 102). ritardi nella manifesta-

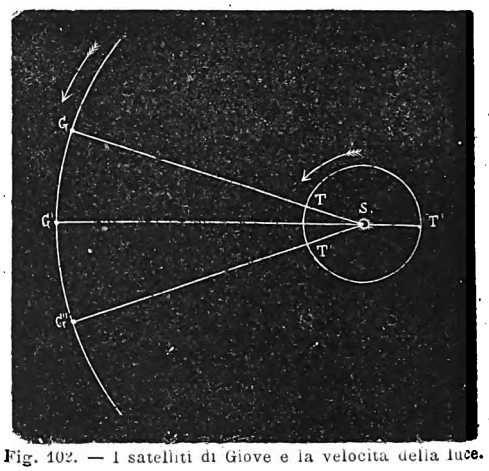


Fig. 102. — I satelliti di Giove e la velocità della luce.

zione delle eclissi furono sempre osservati mentre la Terra andava da T'' in T, le anticipazioni mentre essa andava da T'' in T'. Questa variabilità nella durata di tali intervalli non può essere spiegata senza ammettere nella luce una velocità di trasmissione sensibile e mensurabile. Difatti quando il fenomeno ha luogo in opposizione, esso si manifesta al nostro occhio dopo che la luce ha traversato lo spazio interposto G'' T''; quando ha luogo in congiunzione lo spazio che la luce traversa è uguale alla distanza G' T'. Ne risulta che nel primo caso, a far noto il fenomeno alla Terra, essa impiega un tempo minore che non nel secondo caso, e precisamente di tanto minore di quanto è il tempo; ch'essa impiega a traversare l'orbita terrestre, cioè la doppia distanza dalla Terra al sole (1).

(1) V. NEWCOMB, pag. 371.

(2) GALILEI, *Opere*, Firenze, T. VI. 1847; *Relazione generale del nuovo trovato per prendere in ogni tempo e luogo la longitudine*, pag. 239 e 256; — FAVARO ANT., *La proposta della longitud. fatta da Galileo Galilei*, ecc. Venezia, *Atti del R. Istit. Veneto*, 1880-81, p. 37.

(3) Ancora il Cartesio pensava che la luce si diffondesse istantaneamente. Il primo ad intuire che la luce impiega un certo tempo ad attraversare lo spazio fu il Cassini nel 1675; ma fu il danese Olao Römer (che per caso si trovava a Parigi nel 1676) il primo non solo a concepire l'idea che i satelliti di Giove potessero fornire il mezzo a misurare la velocità della luce, ma a dare le prove della giustezza di tale concetto.

Le osservazioni del Bradley sull'aberrazione fornirono la più splendida conferma delle deduzioni del Römer.

(1) Un esempio ricavato dal suono rende la cosa ancora più evidente. Supponiamo di ascoltare le ore battute da un orologio distante da noi 340^m. Il suono, com'è noto, percorre uno spazio di $337^m.2$ per secondo, se l'aria è alla temperatura di 10.° Per semplificare la cosa, poniamo che la sua velocità di trasmissione corrisponda in media a 340^m. per secondo. In tale caso il suono di ogni tocco dell'orologio perverrà al nostro orecchio 10 secondi dopo avvenuto e quindi sentiremo battere le ore 1. 2. 3. ad 1.ora 0m. 10s., a 2.ore 0m. 10s., a 3.ore 0m. 10s., qualora noi stiamo sempre fermi al nostro posto. Ma se supponiamo di moverci, in modo per es. da portarci tra la prima e la seconda ora a 3060^m. e poi di nuovo tra la seconda e la terza ora alla pri-

Digitized by Google

Quindi quando la Terra passa da T'' in T' avrà luogo un ritardo rappresentato dal tempo impiegato a traversare questa doppia distanza, mentre quando essa va da T' in T avrà luogo una corrispondente anticipazione, il che produrrà fra i tempi interposti tra due successive eclissi in opposizione e in congiunzione una differenza pari a due volte il tempo impiegato a traversare l'orbita terrestre, cioè a due volte la doppia distanza fra la Terra e il sole. La differenza di $33^m\ 12^s$ rappresenta quindi il tempo che la luce impiega a traversare due volte l'orbita terrestre; per cui a traversarla una volta sola essa impiegherà la metà di tale tempo, cioè non più di $16^m\ 36^s$, e solamente $8^m.\ 18^s$ ($8^m\ 17^s.\ 8$ ovvero $497^s.8$) a giungere dal sole fino a noi (1).

Veramente al Römer, fornito di strumenti imperfetti, il tempo impiegato dalla luce a superare tale distanza apparve di circa 11m (ciò che avrebbe dato a sua volta alla velocità della luce un valore di circa 225,000 chil. al secondo), cioè più piccolo di quanto realmente non sia; ma le ulteriori determinazioni fatte collo stesso metodo diedero risultati conformi a quelli dedotti con metodi fisici e dei quali già tenemmo parola (2).

È un fenomeno che avviene di rado; ma pure talvolta succede che tutti i satelliti sieno o in direzione del pianeta o immersi nel suo cono d'ombra. In tali casi Giove apparisce isolato nello spazio. Così fu visto da Galileo nel 1611, e del pari una delle ultime volte il 21 agosto 1867, così si vedrà il 15 ottobre di questo stesso anno 1883.

SATURNO, ♄ (3). Saturno (Fig. 103), per dimensioni, è il secondo dei pianeti e la cede sotto tale riguardo solamente a Giove. Ad onta della sua luce pallida e plumbea, e della sua distanza dal sole, esso è visibile ad occhio nudo, e, grazie al suo lento procedere, è facile trovarlo nel cielo (1). Accennammo ad alcuni dei suoi elementi, di cui diamo il quadro (2). La sua rotazione, come apparve all'Herschel ($10^{ore}\ 16.^m$), si compie in tempo relativamente bre-

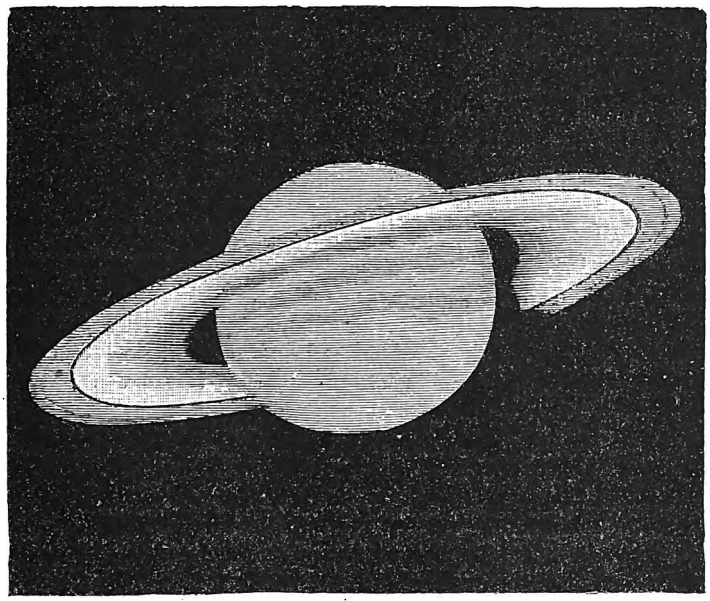


Fig. 103. — Saturno visto a Washington dal Trouvelot nel settembre 1875.

ve (3), e quindi, quando si tenga conto della scarsa densità del pianeta, si ha facilmente ragione dello schiacciamento notevolissimo ($^1/_9$) e della formazione di quell'anello che costituisce la più singolare attrattiva di Saturno. Non va però dissimulato che le recenti (1881) determinazioni del Mayer darebbero a questo pianeta uno schiacciamento alquanto minore, cioè di circa $\frac{1}{14.5}$ e quindi pressapoco pari a quello di Giove.

Di solito Saturno brilla come una stella di 1.ª grandezza, ma il suo splendore varia non soltanto in relazione alla sua distanza da noi;

mitiva distanza di 3100m., in tale caso noi sentiremo battere la campana di 1 ora, ad 1 ora $0^m.$ 10s., la campana di 2 ore, a 2 ore $0^m.$ 9s., e la campana di 3 ore a 3 ore $0^m.$ 10s. Ora, il tempo che corre fra il primo e il secondo suono sarà eguale a 2 ore $0^m.$ 9s. diminuito di 1 ora $0^m.$10s. cioè sarà eguale ad 1 ora *meno* 1s.; invece il tempo interposto fra il secondo e il terzo suono sarà eguale a 3 ore $0^m.$ 10s. diminuito di 2 ore $0^m.$ 9s., cioè pari ad 1 ora *più* 1s. Quindi la differenza dei tempi interposti fra gl'istanti in cui noi ascoltiamo battere due ore consecutive può in questo caso salire a *due* secondi, pel solo fatto della diversa distanza che ci separa dalla origine del suono.

(1) Il valore di $8^m.$ 13s.3 attribuito a pag. 38 al tempo impiegato dalla luce a venire dal sole a noi, è dedotto da una parallassi solare alquanto diversa da quelle più accettate oggidì, parallassi che prevaleva nell'epoca in cui si fissò il valore delle distanze stellari.

(2). V. a pag. 53.

(3) CHAMBERS, p. 131; — NEWCOMB, p. 372; — HOUZEAU p. 683; — SECCHI, II° p. 395; — FLAMMARION, *Les Terres du Ciel*, p. 519; — DETAILLE, *Nouvelles mesures des anneaux de Saturne*, in *L'astronomie*, Anno II, 1883, pag. 333; — *Annuario scientif. ed industr.*, Anno IX, 1872, p. 41 Anno XIII, 1876. p. 13; Anno XVII, 1880, p. 10.

(1) La più antica menzione astronomica di Saturno risale al 228 a. Cr. Il nome sanscrito di *sanaistciara* (che si move lentamente) allude appunto al suo tardo procedere.

(2) V. Prospetto XV.

(3) Secondo le determinazioni fatte nel 1877 dall'Hall colla osservazione di una macchia brillante, la rotazione di Saturno vorrebbe ridotta a 10ore 15m.

Digitized by Google

ma in causa anche della posizione del suo anello. Naturalmente i momenti più opportuni per osservarlo sono quelli delle opposizioni, di cui le date più vicine cadono il 31 ottobre 1881, il 14 novembre 1882, il 28 novembre 1883 e l'11 dicembre 1884, cioè a ad un anno e 14 giorni di distanza una dall'altra.

Esso pure, al pari di Giove, presenta delle singolari apparenze di fasce equatoriali, forse alquanto più larghe, ma meno brillanti di quelle riscontrate su quel primo pianeta, nè sempre perfettamente parallele all'equatore. Aggiungansi le macchie mutabili sulla sua superficie, la variabilità nel potere riflettente la luce, il degradare di questa dal centro alla periferia del suo disco apparente, alcune variazioni nel coloramento, ed altri fenomeni percepiti mediante lo spettroscopio, e si dovrà anche per Saturno, come già s'è fatto per Giove, concludere ritenendolo un corpo in uno stato semifluido, circondato da una spessa atmosfera assorbente e ricca di vapori, e da ultimo forse fornito di un certo grado di luminosità propria (1).

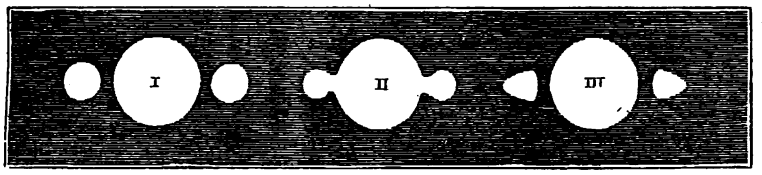


Fig. 104. — Saturno trigemino: I sec. Galileo; II. sec. lo Scheiner; III. sec. il Riccioli.

Ma il fenomeno più sorprendente del sistema di Saturno è sempre quel suo anello, che parve incomprensibile già ai suoi primi scopritori e che persiste a rimanere unico esemplare a noi noto di tale forma nella struttura dei mondi. Galileo stesso giudicava Saturno *trigemino* (Fig. 104), cioè formato da tre sfere, una maggiore nel mezzo e due minori laterali, che poi più tardi non potè rivedere, e del pari per molti anni gli si venne attribuendo dal più degli astronomi forme bizzarre e lontane dal vero, finchè non ne rilevò la reale figura l'Huyghens nella primavera del 1655. La difficoltà di scorgere l'anello sta in prima linea nel suo scarso spessore (probabilmente inferiore ai 200 chilom.), per cui se esso si presenta al sole in modo che il piano dell'anello sia in prosecuzione coi raggi solari, allora la parte sua illuminata è troppo sottile e tale che appena nei più potenti telescopî è possibile scorgerla come una tenue linea stendentesi ai due lati del pianeta (Fig. 105).

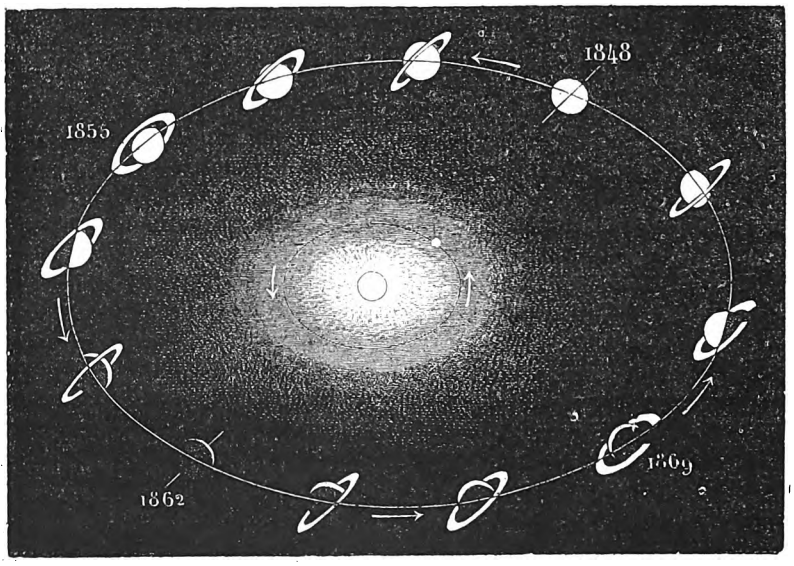


Fig. 105. — Varî aspetti di Saturno e dei suoi anelli.

Se invece, nella sua rivoluzione, esso presenta al sole il suo anello in modo che i raggi vi battano quasi di fronte, allora apparisce di notevole ampiezza e visibilità. Questa seconda condizione avrà luogo spiccata nell'anno 1885, epoca opportuna per osservarlo, stante che tra il 1882 e il 1888 Saturno sta traversando il suo perielio.

Riconosciuta la sua forma anulare, il Ball nel 1665 scoperse la striscia oscura, che lo

(1) Si rammenti ancora come l'Herschel fin dal 1805 abbia osservato il disco di Saturno quadrangolare, il che palesa una deformazione, di cui s'ignorano le cause.

Digitized by Google

divide in due e che ingiustamente porta il nome di *riga del Cassini* o *riga dell'Herschel;* poi in questo secolo, e probabilmente per la prima volta dal Galle nel 1838, si scorse un terzo anello più interno e più oscuro. Senonchè la difficoltà di scorgere i limiti delle varie parti anulari e una certa variabilità loro, che non si può negare da chi confronti le più vecchie e le più recenti rappresentazioni grafiche del corpo che circonda Saturno (1), rendono difficile derivarne un'idea completa e precisa.

Ecco pertanto le dimensioni delle varie parti dell'anello di Saturno (Fig. 106), quali

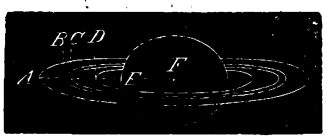


Fig. 103. — Dimensioni di Saturno e dei suoi anelli.

vennero ricavate da Guglielmo e da Ottone Struve (2):

	chilom.
A F. Semidiametro esterno dell'anello esterno	138 400
B F. » interno » »	121 900
C F. » esterno » interno	119 500
D F. » interno » »	89 700
E F. » equatoriale di Saturno.	62 100
A B. larghezza dell'anello esterno	16 600
C D. » » interno	29 700
B C. spazio interposto fra i due anelli	2 400

Dunque la larghezza complessiva dell'anello, compresa la zona oscura che lo divide, non va lontana dai 49 mila chilometri, cioè è uguale a circa 4 volte il diametro terrestre, mentre il suo orlo interno dista circa 27,700 chilometri, poco più di due volte il diametro terrestre, dalla superficie del pianeta (3).

La costituzione di un anello così ampio, fornito di spessore tanto esiguo quant'è quello notato, di limiti incerti e probabilmente mutabili, dà origine ad un problema di assai ardua soluzione. Certo è che il Laplace, in base ai principî della meccanica celeste, trovava non sostenibile l'idea che l anello fosse solido, poichè la semplice azione che le masse del pianeta e dei satelliti necessariamente esercitano sopra di lui, dovrebbero produrne la dislocazione e lo sfacelo. Perciò il Bond pensava ch'esso fosse costituito di una materia fluida, concetto che il Peirce sviluppava, attribuendo alla influenza dei satelliti la sua condizione attuale d'equilibrio. Il Maxwell dapprima (1856) e più di recente il Flammarion (1867) e l'Hirn (1872), risuscitando la vecchia idea del Cassini, espressero l'avviso che, gli anelli di Saturno non sieno nè fluidi nè solidi, ma constino di una materia discontinua, quasi fossero formati da una nube di satelliti, troppo piccoli perchè noi possiamo distinguerli e troppo vicini gli uni agli altri perchè si possano scorgerne gli spazî intermedî. Questi corpuscoli dovrebbero aggirarsi intorno al pianeta con velocità differenti secondo le loro rispettive distanze. È certo che se noi potessimo osservare l'occultazione di una stella di notevole grandezza per parte dell'anello di Saturno, la soluzione del problema della sua struttura nebulare sarebbe resa più agevole; ma tale fenomeno è difficilissimo che succeda. Giova quindi soltanto riconoscere che certamente tale congettura della disgregazione o di uno stato quasi polveruleuto degli anelli, si accorda con molte delle osservazioni compiute, come s'accorda col fatto della tenue densità del sistema al quale appartiene.

Ma Saturno, oltre all'anello, presenta il più ricco sistema di satelliti che noi conosciamo (1). Adesso, in seguito a una serie di scoperte, che cominciarono nel 1655 coll'Huyghens e finirono nel 1848 col Bond e col Lassel, essi arrivano al numero di 8. Nell'ordine stesso, secondo cui vennero man mano scoperti (2), sta il loro splendore e il loro grado di visibilità, sicchè Titano si scorge anche con un telescopio di piccolo ingrandimento, mentre per vedere Iperione, che apparisce come una stellina di 13.ª o 14.ª grandezza, è mestieri di usare uno fra i più forti strumenti che si conoscano.

I quattro primi, del resto, corrono in orbite più vicine alla superficie del pianeta che non sia quella della luna rispetto alla superficie

(1) Una di queste mutabilità consiste nella diminuzione dell'intervallo che separa la superficie del pianeta dall'anello interno, mentre gli anelli esterni restano immutabili. Le recenti indagini del Meyer e dello Struve condurrebbero a concludere piuttosto per una variabilità nello splendore degli anelli, che non nel diametro dei medesimi, e quindi nella voluta diminuzione dell'intervallo *DE* accennato nel testo (V. Fig. 106).

(2) Newcomb, pag. 381. Il valore dato pel semidiametro equatoriale di Saturno differisce di una piccola quantità da quello offerto nel **Prospetto XV**, col. 11, dal Newcomb stesso attinto ad altra fonte.

(3) Questi numeri andrebbero modificati secondo le recenti misure micrometriche del Mayer (1880) e di O. Struve. Intorno alle quali vedi l'articolo del Detaille citato nella nota 3 alla pag. 121, col. 1ª.

(1) V. **Prospetto XIX.**

(2) Quanto all'ordine cronologico della loro scoperta vedi il nostro quadro a pag. 88; quanto ai loro elementi vedi il **Prospetto XIX.**

Digitized by Google

terrestre, e tutti, meno Giapeto, le percorrono in periodi più brevi che non sia il mese lunare.

Sì fra le distanze dei varî satelliti da Saturno come fra le durate delle varie rivoluzioni, corrono dei singolari rapporti numerici, pari a quelli trovati per altri sistemi. Per le distanze si verifica una serie analoga a quella del Bode; per le rivoluzioni si rivela che il periodo del 3.°, Teti, è doppio di quello del 1°, Mimante, e il periodo del 4.°, Dione è doppio di quello del 2°, Encelado. Ancora, fra i quattro primi trabanti si nota un periodo di 465 giorni e $^3/_4$, in capo al quale essi riprendono il medesimo posto, e che comprende precisamente 494 rivoluzioni del 1.°, 340 del 2.°, 247 del 3.° e 170 del 4.°

Gli altri elementi del sistema di Saturno sono incerti. Pare molto eccentrica l'orbita del 1.°, e più ancora quella del 7.° satellite; inapprezzabile la inclinazione dei due o tre primi, notevole quella degli altri satelliti sul piano dell' eclittica (circa di 28°, meno che per Giapeto, pel quale è forse di 18°), e quindi pressapoco anche sull' orbita del pianeta, sul suo equatore e sul piano del suo anello; dubbiose le dimensioni e le masse, ma tali le prime, almeno secondo le indagini fotometriche del Pickering, da oscillare fra un minimo diametro di 310 chilom. offerto da Iperione, e un massimo di 2260 spettante a Giapeto. Con ciò anche quest'ultimo verrebbe ad essere più piccolo della nostra e di qualsiasi fra le lune di Giove. Le singolari apparenze di Giapeto, più splendido allorchè si trova a ponente, meno splendido allorchè si trova a levante di Saturno, si spiegano, ma non completamente, colla probabile rotazione intorno al proprio asse, forse eseguita nello stesso tempo in cui compie la sua rivoluzione.

Colle mutabili parvenze del molteplice anello, e degli otto satelliti, certamente sull'orizzonte di Saturno devono aver luogo le più svariate e meravigliose combinazioni di luce riflessa che il sistema solare presenti. In contrapposto, il sole apparisce quale un disco di diametro quasi dieci volte minore, che a noi non si mostri e 90 volte meno benefico di calore e di luce che a noi non sia.

URANO, ♅ (1). Probabilmente era stato intravisto nel 1690 dal Flamstead e nel 1756 da Tobia Mayer; ma nè l'uno nè l'altro avevano allora riconosciuto Urano per un pianeta (1). Lo stesso Herschel, allorchè, nella notte del 13 marzo del 1781, scoperse nella costellazione dei Gemelli un corpo esteso parecchi secondi e che pareva dominato di moto proprio, lo scambiò per una cometa e come tale lo annunciò alla Società Reale di Londra (2), e solo i consecutivi studî del Saron, del Lexel, del Laplace e del Méchain, poterono conseguire ad Urano il suo vero posto frammezzo ai pianeti.

Dei tre nomi assegnatigli: *Georgium Sidus* (od anche semplicemente *the Georgian*), *Herschel* ed *Urano*, gli rimase quest'ultimo impostogli dal Bode.

Apparendo come stella di 6.ª grandezza, visibile ad occhio nudo, è strano che non sia stato veduto da qualcuno dei molti osservatori del cielo già nell'epoca pretelescopica.

Noi ne conosciamo (3) la distanza dal sole, e l' ampia orbita, sviluppata non meno di 2900 milioni di chilom., e da esso percorsa così lentamente che le opposizioni si succedono a distanza di 1 anno e 5 giorni soltanto. L'ultima avvenne a 12 marzo 1883, la prossima accadrà a 17 marzo 1884.

In Urano il potere riflettente la luce è assai notevole (0.62), anzi supera quello di qualsiasi altro pianeta; tuttavia la sua distanza da noi è tale che, pur apparendo quale una stella di 6ª grandezza, è necessario far uso di cannocchiale a forte ingrandimento perchè il diametro ne sia reso apprezzabile. Visto nei più potenti telescopî, apparisce di colore verdastro e segnato probabilmente quà e là da macchie, non però visibili tanto da permettere di determinarne la rotazione. Il Clavijo e il Flammarion tentarono di ricavarne la durata mediante deduzioni teoriche fatte sulla base degli altri elementi del pianeta e sui movimenti dei satelliti, anzi quest'ultimo la fissa a circa $10^{ore}\ 40^{m}$; il che s'accorda pressapoco con quella dei pianeti più esterni e anche col forte schiacciamento di Urano, pari, secondo il Mädler, a circa $^1/_{9.5}$ (4).

Neanche intorno la sua massa e la sua

(1) CHAMBERS, p. 157 — NEWCOMB, p. 385; — HOUZEAU, p. 726; — SECCHI. p. 398; — FLAMMARION. op. cit., pag. 399; — SCHIAPARELLI G., *Urano*, in *Astronomische Nachrichten*. N.° 2526, 12 luglio 1883: — *Annuario scient. ed industr.* Anno 1869, p. 32; Anno VII. 1880. p. 28 e p. 42; Anno XII. 1875, p. 21; Anno XIV, 1877, p. 11.

(1) Fu ancora segnalato parecchie volte tra il 1768 e il 1769 dal Lemonnier di Parigi, che perdette la priorità della scoperta soltanto per aver tardato a calcolare le sue osservazioni.

(2) W. HERSCHEL. *Account of a Comet*, in *Philos. Transact. for* 1781, t. LXXI, 1781, p. 492.

(3) V. **Prospetto XV.**

(4) Secondo le recentissime (primavera del 1883) determinazioni dello Schiaparelli, tale schiacciamento è bene accertato, e uguale ad $\frac{1}{10.98}$ coll'errore probabile di $\pm$ 0.67

Digitized by Google

densità non v'è completo accordo: tuttavia gli ultimi computi (1) mostrarono quella prima alquanto più piccola di quanto si riteneva in addietro (2), d'onde pure una densità scarsissima.

Urano nell'ultimo ventennio fu sovente oggetto di ricerche spettroscopiche. Il suo debole spettro, che non lascia vedere le righe di Fraunhofer, mostra invece un certo numero di zone, di cui una almeno, nel rosso, paragonabile ad altra riscontrata negli spettri di Giove e di Saturno. Secondo il Secchi e l'Huggins, vi sarebbe molto maggiore analogia fra lo spettro di Urano e quello delle comete, che non fra esso e quello del sole.

Questa circostanza e quella delle singolari modificazioni che la luce solare rifratta e riflessa da Urano subisce, e della sua fortissima *albedo*, aggiunte alla scarsa densità probabile del pianeta, lo fanno collocare nel numero di quei corpi, che, come Giove e Saturno, si trovano eventualmente in uno stato critico della materia, intermedio fra quei due, nei quali adesso si trovano il nostro e il globo solare.

I satelliti di Urano (3) appartengono agli oggetti più difficili a vedersi che conti il sistema solare, poichè si possono appena paragonare a stelline di 15ª grandezza. Non è quindi da maravigliarsi, se soltanto di quattro fra essi: il 1°, Ariele, il 2°, Umbriele, il 4°, Titania, e il 6°, Oberon, si conoscono (e non tutti) gli elementi. Anzi le osservazioni intorno a quattro fra essi: il 3°, il 5°, il 7° e l'8°, son tali, da far nascere un forte dubbio sulla loro reale esistenza, tanto più dopo che le ricerche, compiute dall'Holden col potentissimo rifrattore di Washington, autorizzano a ritenere incapaci i nostri più forti strumenti a rilevare delle lune che fossero paragonabili alle due ultime citate. Dunque i sei satelliti, che all'Herschel era parso di vedere e i due visti dal Lassel si riducono in complesso a quattro, che son quelli da noi nominati, due dei quali Titania e Oberon (4° e 6° della serie attuale, 2° e 4° della serie hersceliana), scoperti dall'Herschel nel 1787, e gli altri due, Ariele e Umbriele, scoperti dal Lassel nel 1851.

(1) Secondo il Copeland (1875) la massa di Urano sarebbe eguale ad $\frac{1}{24000}$ secondo l' Hall (1878) a $\frac{1}{22800}$ secondo il Newcomb (1882) a circa $\frac{1}{22000}$ di quella del sole.

(2) Secondo il Wurm (1789) eguale a $\frac{1}{19960}$.

(3) **Prospetto XX.**

I due più interni son più vicini, i due più esterni sono alquanto più lontani dal pianeta che non sia la luna da noi; ma tutti quattro percorrono le loro orbite in tempo più breve che non faccia la luna, dacchè Ariele vi mette appena 2 giorni e $^1/_2$, Oberon meno di 13 giorni e $^1/_2$.

Le loro dimensioni non sono percepibili direttamente. Dietro indagini fotometriche, ai due esterni, e ad un tempo più splendidi, si possono assegnare dei diametri 3 o 4 volte minori del lunare, cioè a Titania un diametro di circa 940, ad Oberon di cinca 870 chilometri.

I satelliti di Urano presentano poi una singolarità unica nel mondo planetario, qualora si prescinda dalle comete. Esaminando le lune di Marte, della Terra, di Giove, in una parola di qualsiasi pianeta, noi vediamo ch'esse girano da ponente a levante e presso poco nel piano equatoriale di questi pianeti, mentre tale piano fa un certo angolo col piano delle orbite che i pianeti stessi descrivono attorno al sole. I satelliti di Urano invece girano da levante a ponente e in un piano quasi perpendicolare (inclinato di 79°) a quello nel quale si move il pianeta.

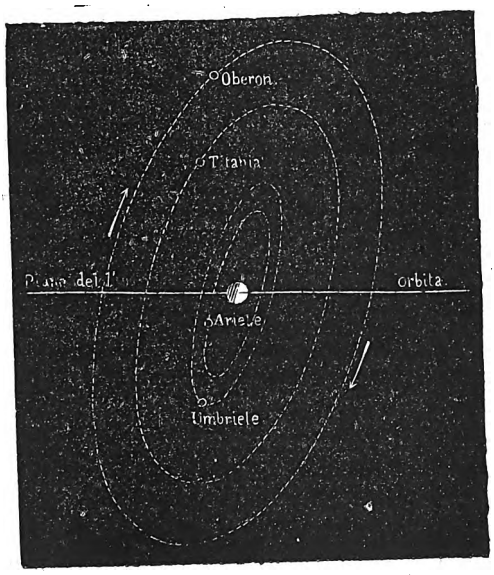


Fig. 107. — Sistema di Urano.

È ovvio quindi che l'asse stesso di rotazione del pianeta sia quasi sdraiato sul piano nella sua orbita, contrariamente a quanto succede per i pianeti, che finora considerammo. Una tale condizione di cose non solo deve dar origine a un completo rovesciamento di direzioni nel cielo di Urano, ma deve ge-

Digitized by Google

nerare ancora una distribuzione di ombra e di luce per nulla concordata col periodo di rotazione diurna e quindi per nulla corrispondente a quanto avviene sulla Terra. Aggiungasi l'assenza completa di zone segnate da tropici e circoli polari o prodotte nei soliti pianeti da una mediocre inclinazione dell'asse sul piano delle loro orbite. Qui il sole, invece di spostarsi entro un limite massimo di 23° 1/2 a nord e 23° 1/2 a sud dell' equatore, andrà lentamente da un polo all'altro, in modo da restare visibile esclusivamente per un emisfero lungo una stagione non minore di 21 anni nei nostri, durante i quali l'emisfero opposto rimane necessariamente nell'ombra.

Ai satelliti di Urano si deve ancora una meno incerta determinazione della massa del pianeta; dacchè, per trovarla, in questo caso, non si può far molto calcolo sulle perturbazioni esercitate sulla sua orbita dai prossimi corpi di Saturno e di Nettuno, di entrambi i quali gli elementi non sono conosciuti con sicura precisione.

NETTUNO, ♆ (1). Per gli antichi l'ultima Thule del mondo planetario appariva Saturno. Al di là del pallido e lento pianeta, prima di Copernico, s'incurvavano invarcabili i cieli cristallini, e anche dopo di lui e prima dell'Herschel, si stendeva per lo meno uno spazio vuoto e inesplorabile fino alle stelle fisse più prossime. La scoperta di Urano, il settimo dei pianeti, non solo ruppe il limite che alla loro serie aveano imposto i mezzi imperfetti e forse la prevalenza di qualche concetto convenzionale; ma fu altresì l'origine di uno fra i più grandi trionfi finora riportati dalla scienza umana: la scoperta di Nettuno.

Fino dal 1821 un valente astronomo francese, il Bouvard, calcolando le tavole di Urano, aveva dovuto riconoscere nel suo cammino tali irregolarità che non s'accordavano colla legge generale della gravitazione. Non soddisfatto delle vecchie tavole, egli ne compose di nuove, determinando daccapo gli elementi del pianeta; ma pochi anni appresso gli astronomi dovettero riconoscere che Urano non si adattava nemmanco alla nuova strada, che gli era stata così assegnata. Necessariamente un nuovo pianeta, esterno ad Urano, doveva turbarne il cammino.

Preconizzato dal Bessel e invano cercato teoricamente dal Flemming, il nuovo pianeta sfuggiva a tutti i tentativi di fissarne la posizione, prima che ne calcolasse l'orbita e gli elementi probabili il Leverrier, quello stesso matematico francese, del quale parlammo a proposito di Vulcano. Fu al 1 giugno del 1846 ch' egli credette di poter indicare all'Accademia di Francia non solo gli elementi del nuovo pianeta, ma altresì la posizione ch'esso avrebbe occupato nel cielo al 1 gennaio 1847, posizione che non doveva esser molto lontana dalla longitudine di 325°. Poco prima di lui lo stesso calcolo veniva compiuto con risultati quasi analoghi dall' Adams, un valoroso studente dell'Università di Cambridge. Ma in Inghilterra non si credette allora di farne parola, mentre l'annuncio fatto dal Leverrier ad una fra le più autorevoli accademie del mondo, per quanto paresse temerario o fors'anco per questo, doveva avere un'eco dovunque vi fossero scienziati ed astronomi. Uno fra questi, il Galle di Berlino, pregato dal Leverrier, volle verificare se la teoria del nuovo pianeta corrispondesse alla realtà, e servendosi di una delle carte celesti, allora allora costruita dall'Accademia berlinese, e aiutato dal d'Arrest, al 23 settembre del 1846 ne intraprese la ricerca metodica. Nella stessa notte, appena a 1° di distanza dalla posizione che i calcoli di Leverrier gli aveano assegnata, un nuovo pianeta compariva a mostrare la meravigliosa esattezza delle sue previsioni (1).

Al Leverrier allora toccò tutta la gloria di una scoperta, il cui grande valore stava

(1) CHAMBERS, pag. 164; — NEWCOMB, pag. 388; — HOUZEAU, pag. 740; — FLAMMARION, pag. 562; — SECCHI, II.° pag. 400; — HUMBOLDT, *Cosmos*, III.°, p. 453; — DALLET, *Les planètes extrêmes de notre système solaire* in *Revue scientifique*, 15 luglio 1882, Tome 30. pag. 79; — BERTRAND, *Eloge historique de J. J. Leverrier*, in stessa *Revue*, 15 marzo; — LARDNER, *Il cielo*, ecc. Milano, D. Franc. Vallardi, 1861, pag. 183; — *Annuario scientif. ed industr.*, Anno VI, 1869, pag. 32; Anno VII, 1870, p. 26; Anno XII, 1875, p. 21.

(1) LEVERRIER U. J. *Recherches sur les mouvements de la planète d'Herschel* (Urano), in *Connaiss. des Temps* 1849, 3.

Crediamo utile riportare qui sotto gli elementi del nuovo pianeta come erano stati esposti teoricamente dal Leverrier dall'Adams e come poscia vennero fissati dagli astronomi e si ritengono oggidì. Va avvertito che i dati della distanza del sole non potevano essere fissati preventivamente se non sulle basi della regola di Bode, dalla quale Nettuno devia in modo notevole.

	Elementi di Nettuno calcolati dal Leverrier	dall'Adamas	elementi reali.
Semi grand'asse	36.15	37.25	30.05
Rivoluz. siderea, anni	217.4	227.3	164.78
Eccentricità	0.011	0.12	0.009
Inclinazione	0.0°	——	1.°47'
	1	1	1
Massa	——	——	——
	9,300	6,665	19,500

Aggiungiamo ancora che l'astronomo Challis a Londra, cercando il pianeta dietro i computi dell'Adams, veramente lo vide il 4 e il 12 agosto, ma siccome non riduceva tosto

Digitized by Google

appunto nell'essere stata preavvertita ad un tempo da due persone indipendentemente una dall'altra, la quale cosa dimostrava come ormai la scienza si basasse sopra principî e sopra leggi inconcusse e indiscutibili.

Al nuovo pianeta venne imposto il nome di Nettuno. La sua distanza dal sole, dapprima giudicata pari a 36 o a 37 volte quella della Terra, venne veramente ridotta a 30, d'onde il raggio della sua orbita apparve eguale a 4490 milioni di chilom.; la sua rivoluzione, da 217 o 227 anni, venne analogamente ridotta a poco meno di 165 anni. La lentezza del suo movimento è tale quindi, che la opposizione del pianeta va a rinnovarsi ogni anno e 2 giorni e mezzo. Le ultime opposizioni accaddero al 7 novembre 1881 e al 9 novembre 1882, e le venture avranno luogo il 12 novembre del 1883 e il 14 novembre del 1884.

Nettuno si mostra come una stella di 8.ª grandezza, invisibile ad occhio nudo, dacchè, quantunque terzo per grandezza fra i pianeti, il suo disco abbraccia appena 2″ e $^1/_2$, e riceve dal sole 900 volte meno luce di quella che non arriva a noi. Confrontato colla Capra, ne apparisce 1430 volte meno splendido. Tuttavia il suo potere riflettente è considerevole.

Finora non gli si riconobbe coloramento speciale, ma forse ciò è attribuibile alla sua distanza da noi, per la quale altresì non fu ancora possibile riconoscergli nè rotazione nè direzione dell'asse. Per un momento si dubitò fosse cinto da un anello, come Saturno; ma la cosa non ebbe conferma.

Il Secchi asserisce d'altronde di non averne mai potuti vedere i contorni distinti; mentre il suo spettro gli apparve singolare e somigliante in qualche parte a quello delle stelle del 4.° tipo. Il leggero coloramento verdognolo ch'egli crede di riconoscergli, avrebbe riscontro nello spettro, dove mancano i raggi rossi. Pel Vogel e per l'Huggins lo spettro di Nettuno sarebbe più debole, ma della stessa natura di quelli di Urano, del quale presenta le larghe ed oscure striscie di assorbimento.

Poco dopo scoperto, Nettuno appalesò di non esser solo a percorrere i limiti estremi del mondo planetario (1). Nel 1847 il Lassel scoperse un punto luminoso che accompagnava il pianeta nei suoi movimenti e che ben presto si riconobbe per una luna. Essa ne è lontana 454,000 chilometri, cioè qualcosa più che la luna da noi e descrive la sua orbita in 5ᵍ 21ᵒʳᵉ, chiudendo un piano inclinato di ben 35° su quello dell'eclittica. Essa pure percorre tale cammino di moto retrogrado, fatto ancor più meraviglioso di quello notato pei satelliti di Urano, perchè la direzione del movimento di questi ultimi è, si può dire, solo incrociata, ma quella del satellite nettuniano è addirittura contrapposta al cammino del pianeta lungo la sua orbita.

La grandezza apparente di questo satellite non supera quella delle stelline di 14ª gr., da cui la impossibilità di dedurne le dimensioni, tranne che arguendole coi confronti fotometrici, i quali gli assegnerebbero un diametro approssimativo di circa 4600 chilom., di alquanto maggiore perciò del lunare.

La esistenza di un secondo satellite, che il Lassel credeva di aver intravvisto, non fu confermata. Già quella del primo permise tuttavia di fissare la massa del pianeta, in via però solo largamente approssimativa, come risulta dalla disparità dei risultati ottenuti, dei quali già parlammo (1). Certo è ch'essa a tutti apparve esigua, d'onde una pur scarsissima densità, tale che è molto se pareggia quella dell'acqua.

La quale circostanza, unita ai risultati desunti dalle indagini spettroscopiche e alla incertezza del contorno di Nettuno, permette che anche intorno alla natura di questo pianeta si possa ripetere quanto già si disse a proposito di Giove, di Saturno e di Urano.

La scoperta di Urano ebbe l'effetto di allontanare le stelle fisse dal sole di una quantità considerevole; quella di Nettuno addirittura mostrò che fra il più lontano dei pianeti e la più vicina delle fisse s'interpone uno spazio enorme, quasi incommensurabile

Ma però, anche dopo scoperto Nettuno, noi non possiamo asserire di essere ai limiti estremi del mondo solare. Nettuno non è forse l'ultimo dei pianeti: è soltanto l'ultimo dei pianeti *a noi noti*. Anzi le sue perturbazioni palesano al di là della sua orbita l'esistenza di un corpo che agisce sovr'esso, come già esso agiva sopra il globo di Urano; ma fino ad oggi la scienza è impotente a designarne con una certa sicurezza gli elementi, quantunque non disperi di poterlo fare.

Certo è poi che neanche un abisso di 4500

le sue osservazioni, non si accorse di aver da fare con esso, prima dell'annuncio del Galle.

Un mezzo secolo prima esso era stato osservato dal Lalande e negli anni 1845 e 1846 dal Lamont, ma da entrambi venne scambiato per una stella.

(1) V. Prospetto XXI.

(1) V. pag. 101.

Digitized by Google

milioni di chilometri basta a spegnere nè la potenza calorifica, nè la luminosa, nè la dinamica del sole. Esso, non soltanto ancora sollecita con una velocità decupla di quella della palla di cannone l'enorme sfera di Nettuno; ma nelle profondità del cielo, per miliardi di chilometri discoste dall'orbita nettuniana, ancora determina le orbite paraboliche delle comete. Che, se queste stravaganti del cielo si mostrano in apparenza ribelli alle leggi kepleriane, ciò lo è forse soltanto in causa della ignoranza nostra; e in ben pochi casi, o forse in nessuno, lo sono tanto da sapersi sottrarre decisamente, ad onta delle arditissime distanze dei loro afeli, alla potenza del sole che regge il nostro sistema.

CAPITOLO IV.

LE COMETE E LE METEORE COSMICHE.

Non enim existimo cometem subitaneum
Ignem, sed *inter aeterna opera naturae.*
SENECA, *Quaest., natur.* VII., 22.

Saepe etiam stellas, vento impendente, videbis
Praecipites coelum labi, noctisque per umbram
Flammarum longos a tergo albescere tractus.
VIRGILIO, *Georgicon.* I., v. 365.

Vapori accesi non vid'io sì tosto
Di prima notte mai fender sereno...
ALIGHIERI, *Purg.* V., v. 37-38;

1. In altri tempi le comete (1) erano causa di terrore e tema di fole, nè si rappresentavano altrimenti che con segni simbolici di morbi e di stragi, con *ispade e pugnali di fuoco*, con *lingue*, con *lancie*, con *draghi* e con *croci;* nè son trascorsi più di tre secoli da quando l'autore della *Gerusalemme* poteva dalle comete trarre la seguente similitudine, che tutta esprime la paura incussa da esse e ad un tempo la scienza cometaria della sua età:

Qual colle chiome sanguinose, orrende
Splender cometa suol per l'aria adusta,
Che i regni muta e i fieri morbi adduce
Ai purpurei tiranni infausta luce...
TASSO, *Gerus. liber.*, Canto VII. ott. 52.

Adesso le genti attendono l'arrivo di una cometa con l'ansia di chi si ripromette uno fra i più splendidi spettacoli del cielo; i dotti con quella colla quale sempre ritornano all'esame dei problemi più ribelli alle speculazioni e alle indagini dirette a risolverli.

Il mondo planetario, del quale, coll'orbita di Nettuno, varcammo i confini noti, ci si mostrò come un sistema ordinato e regolare, nel quale la legge dei numeri prevale sempre, nè si mostra, se non per breve, refrattaria agli sforzi compiuti per trovarla. Il mondo, che stiamo per esaminare ne è il contrapposto, almeno per quello che finora ci apparisce. Senza dubbio esso sarà retto dalle stesse leggi, dalle stesse armonie che dominano il sistema planetario; ma sovente

(1) NEWCOMB, pag. 395; — HOUZEAU, pag. 750; — CHAMBERS, pag. 278; — HUMBOLDT, *Cosmos* 1. pag. 98 e seg., III. p. 455; — SECCHI, *Le Soleil*, 1°, pag. 406: — MÜLLER, *Kosmisches Physik*, psg. 209; — HUGUES, pag. 172; — PINGRÉ G., *Cométographie ou traité historique et théorique des comètes*, Paris, 1783-84; — GUILLEMIN, *Le monde des comètes*, Paris 1874; — CELORIA GIOV., *Le comete*, Milano, Treves. 1883; — FLAMMARION, *Les comètes*, nel period. l'*Astronomie*. Anno 1, 1882. pag. 15 e 52; — id., *La constitution physique et chimique des comètes*. id. ib. p 121 e 176; — FAYE HERVÉ. *Sur la figure des comètes*, in *Revue Scient.*, 11 marzo 1882, 3e. ser., 2e année 1882; — DALLET M, *Les comètes et les planètes ultraneptuniennes* in *Revue scientif*, del 24 dic. 1881, 3e serie, 1e année, 2° sem. p. 812; — *La grande Comète du* 1882 in *L'Astronomie* del FLAMMARION, Anno 1°, 1882. p. 321 e Anno 2° 1883, p. 174. — DENZA P. FRANCESCO, *La grande cometa Australe*, in *Cosmos* di G. CORA. vol. VII, 1882-83, p. 139; — DELAUNAY, *Sur les comètes périodiques*, in *Annuaire du Bur. des longit.*, 1872, pag. 443; — JANNSEN, J, *Note sur la photographie de la comète b* 1881 ecc. stesso *Annuaire*, 1882, p. 773; — FAYE, *Notice sur la figure des comètes*, stesso *Annuaire*, 1883, p 717: — CHISTONI CIRO, *Sugli spettri delle comete e loro rapporti con quelle di certe combinazioni del carbonio del dott. B. Hasselberg*, in *Memorie degli Spettrosc. ital.*, X, 1881, p. 13; — RESPIGHI L., Nota sulla *Luce delle comete*, riportata in *Annuario scient. ed ind.*, Anno XVIII, 1881 p. 39; — *Annuario scient. ed industr. ital.*, Anno II, 1865, p. 9; III, 1866, pag. 8; IV. 1867, pag. 5; V, 1868, pag. 5; VI, 1869, pag. 4; VII, 1870, pag. 43; VIII, 1871, pag. 27; X, 1873, pag. 41; XI. 1874, pag. 29; XII, 1875, pag. 22; XIV, 1877, pag. 24; XV. 1878, pag. 28; XVII, 1880, pag 18; XVIII, 1881, pag. 223 e 39; XIX, 1882, pag. 43.

Digitized by Google

i fenomeni cometarî si presenteranno sotto forme tanto anormali da render difficile, e in qualche caso impossibile, trovarne un ordinamento completo. A primo aspetto sembra di penetrare in un mondo *ex-lege*, mondo di anomalie e di eccezioni, sovrapposto o contrapposto a quello dell'ordine e della regolarità.

Notevoli e spiccate sono le proprietà che fanno immediatamente distinguere una cometa da qualsiasi pianeta: forma chiomata e caudata, e spesso mutabile in tempo non lungo, sostanza leggera e trasparente, in vario modo diffusa; luminosità propria in parte e solo in parte riflessa; apparire sovente improvviso e inaspettato, rapido moto e rapido scomparire; orbita fortemente elittica, se non parabolica, percorsa non di rado di moto retrogrado e spesso assai inclinata sul piano dell'eclittica. A questi caratteri, quasi tutti già noti da un pezzo, ai giorni nostri possiamo altresì aggiungere quelli da poco avvertiti e che poterono essere determinati soltanto in seguito alle indagini spettrali.

Nei pianeti trovammo due sole figure, la sferica e l'anulare, suscettibili esse pure di dar luogo a poche fasi: di disco semplice o ansato, di falce più o meno aperta e sottile. Le comete offrono invece una sembianza complessa, sicchè è giuocoforza distinguere in esse tre parti: *nucleo*, *chioma* e *coda*. Si chiama *nucleo* quel punto luminoso che, se solo, potrebbe anche per un momento scambiarsi per una stella o per un pianeta, ma rimanendone di consueto al dissotto per vivacità di luce. Soltanto in rari casi esso si presenta scompagnato da una massa nebulare o vaporosa, che di consueto lo circonda da ogni parte in modo da confondersi quasi con esso e da perdere sfumatamente il proprio splendore in ragione che se ne allontana. Tale massa costituisce la *chioma* della cometa e, assieme al nucleo, ne forma la *testa*, che così ornata, può talvolta assumere l'aspetto di una stella cinta da nebulosa. La *coda* apparisce quasi il prolungamento della chioma e si stende nel cielo talfiata breve e raccolta, tal altra lunga e spiccata in un getto arditissimo, più o meno e anche nulla affatto, incurvato. Essa si mostra costituita di una materia estremamente esile e rarefatta, ed è di solito tanto più allungata e splendida quanto più è lucente la testa; è varia di figura, non di rado divisa per intervalli oscuri, ma costantemente protesa verso la parte del cielo opposta a quella in cui si trova il sole.

Così complete si mostrano di consueto soltanto le comete visibili ad occhio nudo; le *telescopiche*, e son numerosissime, di rado lasciano percepire la coda e distinguere chiaramente il nucleo dalla chioma. Però questa sembra per ordinario stendersi a ventaglio nella direzione stessa del sole. Nelle grandi comete il disegno della testa non è sempre così semplice come abbiamo detto. Non di rado essa è traversata da linee luminose a rami e a ventagli, e la stessa coda apparisce più oscura nella sua parte di mezzo che non nelle laterali. Un esempio bellissimo di una testa

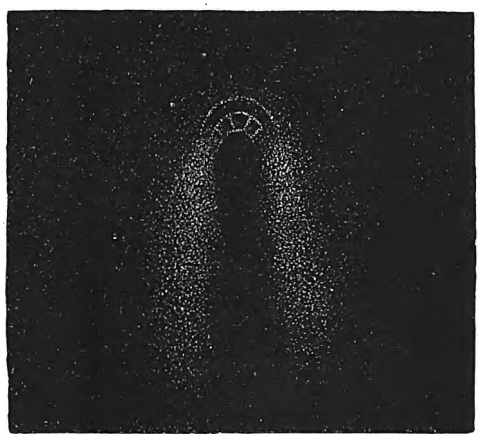


Fig 108. — Testa della cometa del Donati al principio dell' ottobre 1858.

di cometa può esserci dato dalla Fig. 108, che rappresenta la cometa del Donati, quale appariva al principio di ottobre del 1858 e della cui lunghissima coda qui però non si vede se non ben piccola parte; — un altro dalla figura di quella del 1862 (Fig. 109).

Di già Aristotile e Seneca aveano osservata la trasparenza della coda e della chioma delle comete, donde arguivano la loro estrema esilità. I loro asserti trovarono conferma oggidì, massime dacchè si potè sperimentare come col telescopio, anche traverso il nucleo, si scorgano stelle di 7.ª e 8.ª grandezza, e traverso la coda anche stelline più piccole, cioè di 10.ª e di 11.ª grandezza. Però soltanto alla fine del secolo decorso si giudicò che le comete non potevano assolutamente essere costituite da un corpo solido e compatto.

Tale condizione della loro materia, incapace persino di rifrangere la luce (e ciò forse in causa della sua discontinuità), rende difficile fissare un diametro e un volume alle comete, e i limiti che si vollero as-

Digitized by Google

segnare alle loro dimensioni, per es., di 36 chilom. di raggio per la cometa II (1) del 1798, o di quasi 12 mila chil. per la III del 1815, posseggono appena un valore di

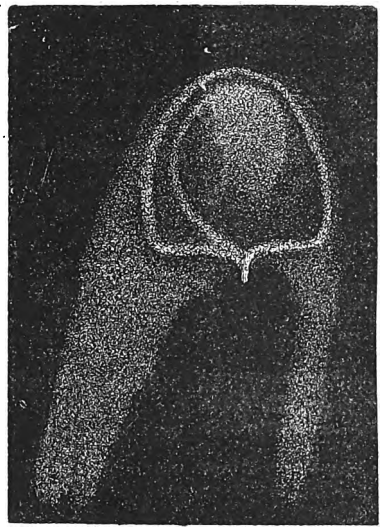


Fig. 109. — Testa della cometa del 1862.

approssimazione. Di più, la esilità della materia cometaria si presta in modo cospicuo a quelle mutazioni rapidissime di forma, per le quali son rese celebri alcune comete, come quella stessa del 1858 o del Donati (Fig. 110), e quella del 1861 (Figura 111), le quali in poche ore, mutarono notevolmente di aspetto. Queste mutazioni, forse sono prodotte da forze interne spettanti al corpo della cometa, mentre la loro rinnovazione, talora periodica, fa pensare ad una rotazione dell'astro intorno ad un asse.

Se è difficile dare un'idea, anche solamente approssimata, delle dimensioni delle comete, non lo è meno darlo delle code. Tuttavia accettando le distanze lineari unicamente come grossolani avvicinamenti, qui l'errore relativo che possiamo commettere, trattandosi di colossali dimensioni, è meno grave. Vi sono code di comete che si stendono per pochi gradi nel cielo; altre si prolungano per estensioni sterminate. La cometa del 1618 ne occupava oltre a 100°, quella del 1843 circa 68°, quella del 1858 circa 60°, quella finalmente del 1861 circa 120.° Ora, considerando la distanza presentata rispetto alla Terra dalla cometa del Donati, il 6 ottobre 1858, cioè il giorno nel quale la sua coda si sviluppava per 60°, questa non poteva essere minore di 80 milioni di chilom., più che un semiasse dell'orbita terrestre, ed essa non fu certamente la più lunga fra le osservate.

Però, più che il nucleo, la coda medesima varia semplicemente in ragione dell'avvicinarsi al sole. La coda della cometa del 1664 presentò in pochi giorni le seguenti lunghezze:

il 18 dicembre 1664 di 104 milioni di chilom.
» 26 » » » 193 » » »
» 2 febbraio 1665 » 11 » » »

Quella della cometa del Donati, si stendeva:

il 5 ottobre 1858 per 52 milion di chilom.
» 10 » » » 80 » » »
» 15 » » » 22 » » »

Gli antichi generalmente credevano che le comete fossero fenomeni temporarî, prodotti dalle esalazioni terrestri e limitati ai confini della nostra atmosfera. Tuttavia i Caldei, i

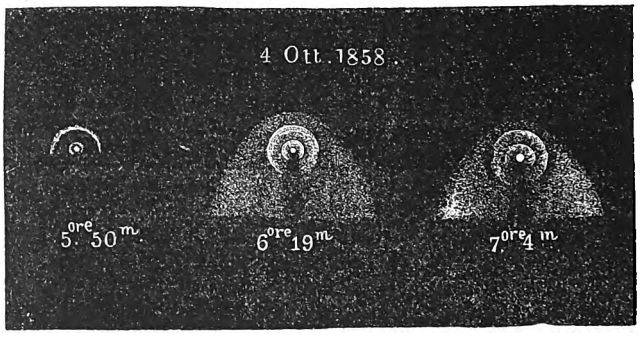


Fig. 110. — Vari aspetti della cometa del Donati a poche ore di distanza.

Pitagorici e più tardi Seneca stesso le giudicarono astri, anzi quest'ultimo arditamente indicava ch'esse doveano descrivere un'orbita « procerior et in longum producta » — più estesa ed allungata — che non i pianeti (1). Tuttavia ancora per l'intero medio evo le comete son astri *sublunari*, e fu già molto se Ticone Brahè potè dimostrare come ve ne fossero anche di *translunari*, ch'egli reputava moversi in orbite circolari, mentre al

(1) Crediamo opportuno avvertire che le comete si designano di consueto o col nome dello scopritore o con quello dell'anno, in cui vengono vedute. Siccome però accade sovente che in un anno si vedano parecchie comete, allora quelle stesse che spettano ad un determinato anno si distinguono fra loro o mediante lettere minuscole (*a*, *b*, *c*, *d*, ecc.), se si vuol seguire l'ordine di tempo in cui vennero scoperte, o coi numeri romani (I, II, III, ecc.), se si prende per norma l'epoca dei loro passaggi al perielio.

(1) *Quaest. Natur.* VII, 17.

Digitized by Google

Keplero, e forse a Galileo, sembrava rettilinea la trajettoria da loro descritta. Fu solo dopo lo studio che sulla cometa del 1664 praticarono Domenico Cassini in Francia e il napoletano Borelli in Italia, che a quegli si palesava evidente il periodo del ritorno, e a questi la forma elittica delle orbite cometarie. Ma la gloria di tale scoperta spettò al Doerfel (1681), che primo ne espose la intera teoria, e al Newton (1686), che la coordinò alle leggi della meccanica celeste.

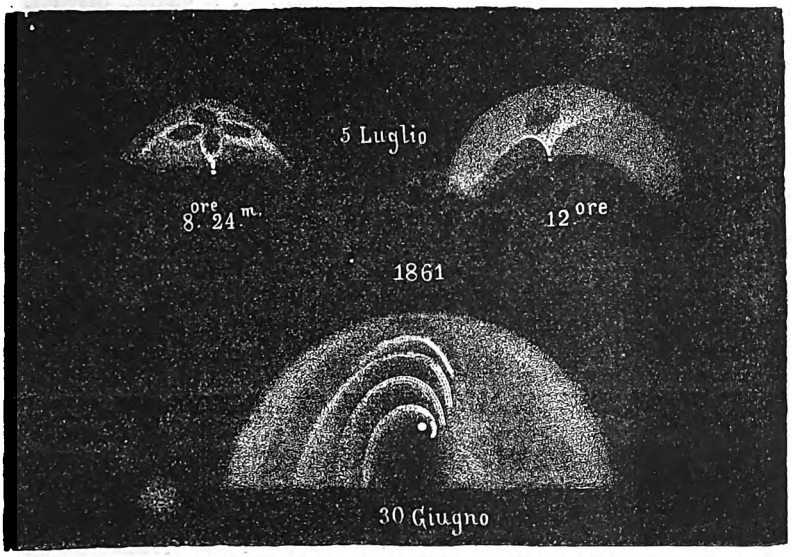


Fig. 111. — Vari aspetti della cometa del 1861 a sei giorni di distanza.

Realmente non è facile determinare con sicurezza la forma che l'orbita di una cometa presenta. Le comete non si rendono visibili a noi, se non allorchè si trovano vicine al sole, e ciò sì pel fatto che allora il loro splendore notevolmente s'accresce, sì per quello della loro maggiore prossimità alla Terra, onde le possiamo meglio scorgere. Però questa parte del cammino, durante il quale noi possiamo esaminarle, è assai breve Ne deriva che la curva che si può desumere dal seguire, sia pure con ogni diligenza, una cometa durante la sua vicinanza al sole (perielio), si palesa bensì per una sezione conica, non senza però lasciare sovente dei dubbi sulla sua vera natura, potendo essere un'elissi assai eccentrica o una parabola o ben anco un'iperbole. Diffatto anchè se noi potessimo accuratamente misurare il tratto *abc* di una curva di una forma ignota (Fig. 112), non abbiamo criterio sufficiente per ritenerla una parabola *hbk*, ovvero un'elisse *abcd*, avente comune uno dei suoi fochi *f* e la cresta *d* colla parabola accennata. Più raro, ma non da escludersi affatto, è il caso della curva iperbolica, che può bene fornire la terza soluzione del problema, allorchè il tratto calcolato è assai breve e determinato con non perfetta esattezza.

Ora, noi sappiamo che le conseguenze sono diverse qualora una cometa segua un'orbita elittica, ovvero quella segnata da una delle altre due sezioni coniche. In quel primo caso la cometa ritorna; nei due ultimi si sprofonda nel cielo senza più ricomparire nel nostro sistema. È anche vero che una leggera perturbazione può serrare la parabola e ridurla in un'elisse, come può allargarla e mutarla definitivamente in un'iperbole.

Per farci distinguere il genere della curva descritta da una cometa, concorre un elemento oltremodo utile a svelarci i segreti della meccanica e della geometria celeste: la velocità del suo cammino. L'astronomo, al quale è nota la posizione di una data orbita,

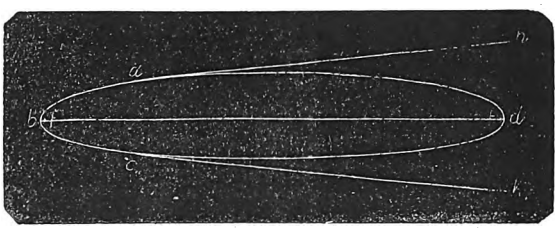


Fig. 112. — Differenza fra un'elissi molto eccentrica e una parabola.

sa esattamente quale grado di velocità è necessario per ognuno dei suoi punti, perchè un corpo che vi si mova sia lanciato nello spazio senza far più mai ritorno. Se ad un corpo posto sulla nostra Terra noi potessimo dare un impulso tale da imprimergli la velocità di 11 chil. al secondo, ed esso non trovasse impedimento nell'atmosfera, quel corpo non ricadrebbe più sul nostro globo, ma verrebbe

Digitized by Google

a seguire una propria orbita attorno al sole: in una parola diventerebbe un piccolo pianeta. Se un corpo traversasse l'orbita terrestre, distante in media dal sole 149 milioni di chilom., colla velocità di 42 chilom. al secondo, ciò vorrebbe dire che quel corpo descrive un' orbita parabolica e quindi si dovrebbe giudicarne impossibile il ritorno. Se, sempre alla stessa distanza, la sua velocità fosse minore, ciò significherebbe che esso subisce ancora la forza di attrazione del sole, la quale lo obbligherebbe ad un ritorno di tanto più sollecito di quanto la velocità sua fosse minore di 42 chilom. al secondo.

È naturale poi che se noi esaminiamo il cammino di una cometa quando essa è prossima al sole, ne troveremo rapidissima la velocità di movimento. Allora la cometa sembra addirittura precipitarsi sul sole, come, per esempio, mostrava quella del 1880, la quale al 28 gennaio passò traverso l' atmosfera solare colla rapidità quasi inconcepibile di 500 chil. al secondo, mille volte, cioè, maggiore di quella della palla da cannone. Invece, allorchè una cometa è assai distante dal sole, essa procede con estrema lentezza ed è molto se la velocità del suo camminò possa valutarsi a pochi metri al secondo. Si calcolò, ad esempio, che la cometa del 1680, la quale al perielio correva colla velocità di 450 chilom. al secondo, dovesse procedere colla straordinaria lentezza di 3 m. al secondo — quella di un uomo a passo di corsa (1) — traversando nel suo afelio gli abissi del cielo.

Tuttavia moltissime comete s'avvicinano a quella velocità di 42 chil. al secondo quando si trovano alla distanza *uno* dal sole, il che vuol dire che esse presentano una velocità che può corrispondere con piccolo accrescimento o con piccola diminuzione ad un'orbita sì elittica come parabolica, e anche in qualche caso ad un' orbita iperbolica. Posto ciò, per determinare la vera figura dell' orbita, descritta da una cometa, nulla v'ha di meglio del suo ritorno. Ma esso non è sempre facile ad essere determinato.

Già dal Newton era stato emesso il giudizio che sia soltanto apparente la diversità di due comete, qualora, viste ad epoca differente, presentino gli stessi elementi pel tratto dell'orbita calcolata, e che quindi in tale caso esse costituiscano un solo e medesimo astro. Ammesso questo, una volta che se ne conosca il periodo, le leggi del Keplero bastano a svelare tutti gli altri elementi dell'orbita.

Il primo tuttavia che su questi semplici principî, osò di predire l'epoca del ritorno di una cometa fu l' Halley, il quale, discussi i pochi dati che si possedevano delle comete apparse nel 1531, nel 1607 e nel 1682, e trovatili identici, non soltanto concluse per ritenere uno solo il corpo al quale essi spettavano, ma ne profetizzò il ritorno pel 1759. Questo ritorno avveravasi colla sola differenza di un mese dall'istante calcolato, differenza derivante in parte dal metodo seguito nei computi e in parte dalle perturbazioni planetarie, allora non esattamente conosciute per essere incerta la massa di Saturno e ignota affatto la esistenza di Urano e di Nettuno. Studiati poi attentamente i cataloghi cometarî, si conobbe che la cometa dell' Halley corrispondeva a quelle viste negli anni:

12 a. Cr.	373	760	1145	1531	(Apiano)
66 d. Cr.	451	837	1223	1607	
141	530	912	1301	1682	
218	608	989	1378	1759	
295	684	1066	1456 (1)	1835,	

come corrisponderà a quella del maggio 1910, vale a dire, che essa presenta un vero e regolare periodo di 76. 37 anni.

Quella dell'Halley fu la prima cometa, alla quale si riconobbe un periodo sicuro, anzi con essa si cominciò a distinguere le comete in *periodiche* e *non periodiche*, o, come si diceva inesattamente un tempo, *sporadiche*. Veramente colla frase di « non periodiche » non s'intende esclusa la possibilità che le comete così qualificate, presentino esse pure un periodo, ma si vuole significare che per esse il periodo non venne peranco scoperto, e per giunta si ammette la presunzione ch' esso debba essere notevolmente lungo.

Di comete periodiche, delle quali sia già stata osservata più di una apparizione, noi non ne conosciamo con sicurezza altre da quelle 12 in fuori, di cui presentiamo gli elementi (2) e che sono quelle dell' Encke, del Tempel (1873), del Brorsen, del Winnecke, del Tempel (1867), del Tempel e Swift (1869), del d'Arrest, le due del Biela (settentrionale e meridionale), del Faye, del Tuttle e dell'Halley, disponendole secondo la lunghezza crescente del loro periodo. Vuolsi però notare che dal 1852 in poi non si segnalarono altri ritorni delle

(1) Il passo di corsa nell'esercito italiano si valuta per a fanteria a 153 m. e per i bersaglieri a 180 m. al minuto.

(1) Prima osservazione regolare.

(2) V. Prospetto XXII, e Tavola VI^a, Sistema solare nell'Atlante.

Digitized by Google

due comete del Biela, che doveano rendersi visibili ogni 6.2 anni, e che si dovette del pari omettere dal nostro elenco la cometa del De Vico (1844) (1), quantunque all'epoca della sua scoperta osservata per più di 4 mesi, dacchè poscia all'epoca dei suoi ritorni (che doveano ripetersi ogni 5 anni e $^1/_2$), più non comparve (2).

Oltre a queste comete, ve n'è un certo numero, delle quali non si osservò più di una apparizione, ma delle quali il periodo è accertato con sufficiente approssimazione, tanto che nel complesso si può asserire di conoscere un 19 comete, il cui ritorno avviene nel volger di un ciclo più breve di cento anni. Al di là di questo periodo cominciano tosto a crescere le incertezze, che si può dire aumentino in ragione delle grandezze delle cifre adoperate ad esprimere le durate delle rivoluzioni.

Tenendo conto come fra le comete a periodo più che secolare ve ne sono alcune di assai interessanti, quale, per es., sarebbe la cometa di agosto del 1862, alla quale s'è assegnato un periodo di 121 anni e $^1/_2$; in generale allorchè si attribuiscono rivoluzioni di 1090, 2721, 10818 o 28800 anni, come, per es., s'è fatto per le comete III del 1860, I del 1846, I del 1847 e I del 1850, è permessa un'assai larga interpretazione al valore di questo elemento (3).

Nei cataloghi delle comete (4) l'eccentricità dell'orbita sovente è segnata colla cifra 1. Questo significa allora che a tali comete non fu possibile assegnare un periodo qualsiasi e che la curva da loro seguita avrebbe i caratteri della parabola. Per alcune poche, tale valore supera l'unità, e allora la curva seguita sarebbe un'iperbole. Di queste ultime il catalogo dell'Houzeau, pur ricco di 280 comete, ne contiene non più di 15.

Realmente non v'è nessuna sostanziale differenza fra le comete periodiche e le non periodiche. Quelle prime di solito non sono visibili ad occhio nudo; ma presentano notevole interesse per noi sotto svariati riguardi; le seconde sono le più splendide e quelle che più richiamano l'attenzione delle genti.

Delle dodici periodiche accertate, una sola, quella dell'Halley, presenta una rivoluzione maggiore di 14 anni, anzi il più fra esse non arriva a 7 anni, e una, quella dell'Encke, nemmeno a 3 anni e $^1/_3$. Periodi dunque che in generale s'avvicinano a quelli dei piccoli pianeti.

Parimenti, quanto a massima distanza dal sole, una sola cometa, quella dell'Halley, passa oltre all'orbita di Nettuno, spingendosi a 35.41 (1), un'altra, quella del Tuttle, di poco travalica l'orbita di Saturno, le altre o non raggiungono od oltrepassano di poco l'orbita di Giove. Grazie alla forte eccentricità delle loro orbite, s'avvicinano al sole tutte più che non faccia Marte, anzi il maggior numero (8 su 12) più che non faccia la Terra, una, sempre quella dell'Encke, più dello stesso Mercurio, poichè questi in media dista dal sole 58 ed essa al perielio meno di 50 milioni di chilometri. La maggior parte delle loro orbite presentano quindi un semiasse medio oscillante fra 2.2 e 3.8, cioè paragonabile a quello del maggior numero fra i pianetini; quello della cometa del Tuttle (5.76) di poco supera il semiasse dell'orbita di Giove (5.2), e quello della cometa dell'Halley (17.99) non arriva al semiasse dell'orbita di Urano (19.2).

È notevole l'inclinazione delle loro orbite sul piano dell'eclittica. In ciò v'è un solo pianeta, Mercurio (7.°0′), che può star a paro con quella fra esse che appare meno inclinata, cioè colla cometa del Tempel e Swift (5° 31′). La massima inclinazione (54° 17′) è offerta dalla cometa del Tuttle.

(1) Questa cometa venne scoperta a Roma nel 1844 dal P. De Vico e durante i quattro mesi in cui fu visibile si mantenne a piccola distanza da noi cioè variabile, fra 0.19 e 0.71. Calcolata allora dal Brünnow, le si assegnò un periodo di 5 anni e $\frac{1}{2}$ circa. Nel 1850 le condizioni per osservarne il ritorno erano poco propizie; ma non così nel 1855, nel quale anno avrebbe dovuto trovarsi a una distanza dalla Terra eguale a 0.58. Contuttociò non venne veduta. Allora il Brünnow corresse i propri calcoli e assegnò alla cometa un ritorno di 1994 giorni; ma anche questa volta senza risultati, non essendo stato possibile di rinvenirla nè nel 1861, nè nel 1866, nè nel 1872, nè finalmente nel 1877, epoche preconizzate per la sua ricomparsa. Alcuni calcoli del Leverrier mostrano probabile la sua identità colla cometa del 1678.

(2) Omettemmo pure quelle del Weiss, vista dal Pons nel 1818 e forse dal Coggia nel 1873, ma non vista nè prima nè poi, per cui il periodo assegnatole di 6 anni $\frac{1}{5}$ sembra assai dubbioso.

(3) E ciò dicasi a maggior ragione per quelle cifre di 100 e più mille anni attribuite ai ritorni di parecchie comete, per es., quella del Petersen del 1849, quella del Bruhns del 1863, ecc.

(4) Un elenco di 280 comete, calcolate secondo una sola apparizione è offerto dall'HOUZEAU, *Vademecum*, pag. 760; — altro elenco di 329, computando i ritorni, o di 262 comete, non computandone se non una sola apparizione per ciascuna è dato dallo CHAMBERS, *Astron.* pag. 335-365. Questo secondo comprende comete conosciute periodiche. 20
loro successivi ritorni 66
orbite elittiche non ancora verificate. . 43
comete paraboliche 194
» iperboliche 6
329

(1) Sempre ritenendo eguale all'unità la distanza media della Terra dal sole.

Digitized by Google

Mentre di molte fra le comete a periodo incerto il moto è retrogrado, fra le periodiche non ne troviamo che una sola che segua tale direzione: quella dell'Halley.

Fra le comete periodiche havvene due che meritano una speciale considerazione: quella dell'Encke e quella del Biela o del Gambart.

La cometa dell'Encke (Fig. 113) era stata

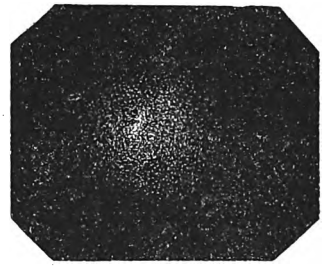


Fig. 113. — Cometa dell'Encke a 1 dic. 1871.

veduta nel 1786, nel 1795, nel 1805 e nel 1818. Fu in quest'ultima osservazione che il Pons di Marsiglia riconobbe la identità delle due comete del 1805 e del 1818; ma restando incerto se il periodo di tale astro fosse di 13 anni o più breve. Spettò all'Encke il merito di averlo fissato a circa 1208 giorni, per cui la cometa fra quelle due date non aveva compiuto una sola, bensì quattro intere rivoluzioni; senonchè i suoi perieli erano sfuggiti alle osservazioni per la posizione sfavorevole, nella quale aveano avuto luogo rispetto alla Terra. Le indagini posteriori confermarono le vedute dell'Encke, per cui si potè registrare con essa per la prima volta una cometa a periodo brevissimo.

Si aggiunga che la cometa dell'Encke fece sorgere un altro problema, di un'importanza straordinaria in astronomia: quello del *mezzo resistente* (1). L'Encke, come vedemmo, nel 1825, avea fissato alla cometa che porta il suo nome un periodo di circa 1208 giorni. Più tardi, nel 1852, ricalcolandone l'orbita, parve agli astronomi di riconoscere che dal 1825 la sua apparizione avesse anticipato di 1 giorno intero, o, in altre parole, che ognuno dei suoi periodi presentasse una diminuzione di circa 2 ore e $^1/_2$ sul periodo precedente. Ciò dunque portava la logica necessità di una leggera accelerazione nel moto orbitale del corpo. Quale poteva essere la causa di tale accelerazione? L'Olbers dapprima, e dietro di lui l'Encke, credettero di averla trovata ammettendo che lo spazio interplanetario fosse riempiuto di una sostanza assai esile, ma pur resistente al passaggio dei corpi.

Al primo momento sembrerebbe che una sostanza resistente interplanetaria dovesse produrre un ritardo, non già un'accelerazione nel movimento orbitale di un corpo. Però noi sappiamo che il moto orbitale di un corpo non è già semplice: esso è la risultante di due forze, cioè una che spingerebbe il corpo a sfuggire nello spazio in direzione rettilinea e secondo una tangente, e l'altra che lo farebbe precipitare nella direzione più breve verso la massa centrale. Se noi potessimo far sorgere un ostacolo all'azione di una di queste due forze, naturalmente l'altra s'accrescerebbe e precisamente il risultato sarebbe questo: diminuendo di alquanto l'attrazione centrale, il corpo tenderebbe ad allargare la sua orbita e quindi impiegherebbe un tempo maggiore a percorrerla; diminuendo la forza tangenziale si accorcierebbe l'orbita e il tempo necessario a percorrerla. Ed è quest'ultimo precisamente l'effetto che l'esistenza di un mezzo resistente produce, dacchè esso non si oppone per nulla all'attrazione verso il centro, ma solo alla forza tangenziale.

La ipotesi dell'Encke però sollevò delle serie objezioni. Si opposero anzitutto dei dubbi sulla perfetta bontà dei suoi calcoli, per cui il van Asten di Pulkova si accinse a ripeterli pochi anni sono con metodi perfezionati; ma ne ebbe risultati non definitivi, anzi tali che complicano maggiormente la questione. Poichè mentre l'intervallo di tempo, che va dal 1865 al 1871 (due periodi), non presenta la menoma deviazione da quanto stabiliscono le leggi della gravitazione, i due intervalli dal 1861 al 1865 e dal 1871 al 1875 confermano l'esistenza dell'accelerazione voluta dall'Encke.

Tuttavia, ammessa anche tale accelerazione, resta a vedere se essa veramente si debba attribuire al mezzo resistente o a qualche altra causa. In realtà, nè il moto lunare, tanto sottilmente e da secoli studiato, nè quello dei pianeti piccoli o grandi, finora palesarono un effetto esplicabile col mezzo resistente. Che se poi la esilità di tale sostanza eterea permette ch'essa abbia azione soltanto sulla leggera materia cometaria, tale azione dovrebbe farsi sentire anche sopra le altre comete. Per un momento si credette che ad un'analoga accelerazione fosse soggetta anche la cometa scoperta dal Faye nel 1843 e da lui denominata. Ma il Möller stesso, che aveva esposto una tale opinione, dovette poscia attribuire le anomalie presentate da quella co-

(1) *Annuario scient. ed industr.*, Anno XII, 1875 pag. 22; — CHAMBERS, pag. 293.

Digitized by Google

meta a perturbazioni esercitate sovr' essa dalla massa di Giove. Invece all'Oppolzer, di recente, parve che il moto della cometa del Winnecke, il cui periodo dura circa 5 anni e mezzo, oltre alle solite perturbazioni di origine planetaria, palesasse esso pure l'esistenza dell'etere resistente (1). Di più egli avvertiva che il risultato negativo, ottenuto da analoghe indagini praticate sulle altre comete, non è sufficiente per escluderne la presenza, poichè è presumibile ch'esso sia diffuso inegualmente nello spazio planetario, e cioè sia più fitto in vicinanza del sole che non altrove, e quindi suscettibile a manifestare un'azione unicamente sulle comete a più corto periodo, le quali nei loro perieli più si approssimano al sole.

Veramente un acceleramento così leggiero come son quelli finora, e con non squisita certezza, segnalati, forse si potrebbe spiegare colla condizione della materia cometaria, dacchè basta che questa in certi casi si agglomeri nella regione rivolta verso il sole, perchè il fenomeno dell'accelerazione possa aver luogo. Tuttavia, in attesa che la scienza ci dia una risposta, più sicura di quella che può dar oggi, al quesito dell'esistenza di materia interplanetaria, giova avvertire come essa sia oggi meno aliena che non per lo passato ad ammetterla, e ne demmo una prova allorchè credemmo di esporre la recente teoria del Siemens sulla costanza del calore solare (2).

Più singolare forse ed altrettanto istruttiva per farci conoscere la natura delle comete e la loro relazione con altri corpi celesti, è la celebre *cometa del Biela* (3). La vide per il primo il Montaigne a Limoges nel 1772 e poscia il Pons a Marsiglia nel 1805; ma non si conobbe l'identità di quei due astri prima delle osservazioni compiute dal Biela a Josephstadt in Boemia nel 1826, e dei calcoli istituiti dal Gambart, che l'aveva vista solo pochi giorni dopo dell' astronomo austriaco. Allora le si assegnò un periodo di circa 6 anni e $^2/_3$ e si riconobbe eziandio come la sua orbita venisse a incrociarsi in un punto con quella della Terra, donde la possibilità che i due corpi molto si avvicinassero fra loro ed anche quella, per quanto lontana, che ne succedesse un urto, il quale fu realmente temuto

(1) *Annuario scient. ed industr.*, Anno XVII, 1880. pag. 20.

(2) V. pag. 85 di quest'opera.

(3) *Annuario scient. ed ind.*, Anno IX, 1872, pag. 105; Anno XV, 1878, pag. 31.

nei passaggi al perielio del 1826 (1) e del 1832. Tale possibilità diventa poi massima allorchè il suo perielio casca nel dicembre, vale a dire allorchè coincide col perielio terrestre, e unendosi altre circostanze, quali avverranno negli anni 1933 e 2115.

Senonchè, ancora parecchi anni sono, essa dava origine a ben altri e curiosi fenomeni. Studiata nelle sue prime apparizioni, si mostrò come un ammasso nebuloso, di debole splendore, con piccolo nucleo e con un diametro complessivo della testa pari a circa 10 raggi terrestri. Nel 1839 si trovava in condizioni sfavorevoli per essere veduta dalla Terra, sicchè ancora i calcoli più accreditati per attenderne il ritorno nel 1845 erano quelli che il Santini avea istituiti a Padova nel 1832 (2). All' epoca designata essa apparve in forma di nebula diffusa, senza che mostrasse veruna particolarità, e tale fu osservata, a quanto pare, dall'Encke ancora la notte del 21 dicembre. Senonchè il 29 dicembre i signori Herrick e Bradley, che la osservavano da New Haven, nel Connecticut a loro grande meraviglia, la videro doppia, cioè costituita da due nuclei separati, che pure procedevano di conserva nel cielo. Tale osservazione fu confermata due settimane appresso, il 13 gennaio del 1846, dal Maury, direttore dell'osservatorio di Washington, e poco appresso anche dai varî astronomi d'Europa (Fig. 114). A metà gennaio i due nuclei distavano circa 2′ e al principio di marzo 9′; ma, causa le diverse lontananze della cometa da noi, il vero valore della distanza lineare che li divideva era nel primo caso di circa 274 mila, nell'ultimo di circa 310 mila chilometri. Essi però presentavano delle differenze nel colore e nello splendore, in genere diminuendo di conserva nella grandezza dopo l'11 febbraio, epoca del passaggio al perielio, e rendendosi invisibili a qualche settimana di tempo, uno dall' altro, cioè il più piccolo il 24 marzo, il più grande il 20 aprile.

Il nuovo passaggio della cometa del Biela al perielio era stato presagito pel 25 settembre del 1852; esso veramente accadde due giorni prima. La cometa era già attesa dagli astronomi e dai dotti con grandissima

(1) Secondo l'Olbers, nel 1826 le trajettorie della Terra e della cometa erano a circa 133 raggi terrestri (chil. 850,000), cioè poco più del doppio di una distanza lunare, una dall'altra.

(2) *Nuovi Saggi dell' Accademia di Padova*, Vol. III, pag. 281; vol. IV, pag. I; il Santini poi tornò sull'istesso soggetto in *Memorie dell'Istituto Veneto*, Anno I, 1843, pag. 87 e vol. V nonchè in *Atti* id. 1 55.

Digitized by Google

ansietà. Appena resa visibile in agosto, si riconobbe la esistenza dei due nuclei, i quali stavolta erano a una distanza 8 volte maggiore di quella del 1846, cioè pari a circa 2,411,000 chilometri, accresciutisi di altri 200 mila chilometri nel solo periodo della

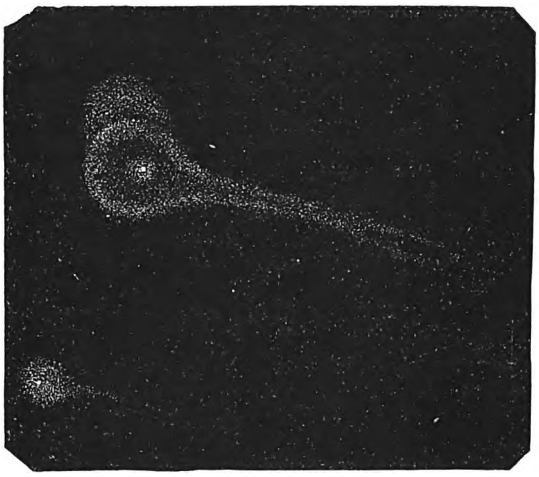


Fig. 114. — La cometa del Biela il 19 febbraio 1846.

visibilità, che durò sino alla fine del settembre. Durante questo tempo, le due comete (e ormai si potevano chiamar tali) presentavano singolari fluttuazioni di tinta e di splendore, tanto che a nessuna delle due si poteva dare la palma nella grandezza, e si seguivano a distanza di circa 18 ore una dall'altra, sicchè l'Hubbard credeva di poterne ormai calcolare due periodi, diversi di circa $^1/_{3200}$ uno dall'altro.

La cometa, dopo d'allora, avrebbe dovuto ripresentarsi quattro volte: nel 1859, nel 1865, nel 1872 e nel 1879; ma essa fu attesa invano. Nei due primi casi tal fatto poteva essere ascritto a sfavorevoli condizioni di visibilità: circostanza che non era più possibile addurre per dar ragione del suo non riapparire durante i due ultimi presunti passaggi al perielio. Ond'è che adesso prevale l'avviso che la cometa sia realmente scomparsa e forse distrutta in seguito all'azione di cause a noi ignote.

Per un istante si credette che per lo meno un frammento della cometa di Biela fosse quel corpo cometario, che, in coincidenza con un radiante di stelle cadenti, e precisamente con quello di Andromeda del 27 novembre 1872, fu veduto dal Pogson a Madras, e la cui presenza era già stata telegraficamente segnalata dal Klinkerfues, astronomo di Gottinga. Ma, se anche quell'oggetto celeste può, come sembra non inammissibile allo Schiaparelli (1), essere giudicato quasi un terzo membro del gruppo cometario di Biela, il suo presentarsi in ritardo di quasi due mesi, ne esclude la identità con qualsiasi delle due principali comete gemelle, delle quali tenemmo parola.

Il fenomeno della duplicità di una cometa non era veramente del tutto nuovo agli astronomi: ne aveano discorso Seneca (2) riferendosi, sull'autorità di Eforo, alla cometa del 371 a. Cr.; Dione Cassio, riferendosi a quella dell'11 a. Cr.; e gli annali cinesi e i cronisti medievali ricordando comete doppie per gli anni 415 o 416, 813 e 896 (3). Ma non s'era prestato molta fede a quelle osservazioni, anche perchè esse non erano sempre state confermate da altre testimonianze contemporanee. Più tardi però il Riccioli, sulla fede del Cysat, e il Keplero segnalavano come doppia la cometa del 1618, e l'Evelius giudicava composta di più nuclei quella del 1652. Ma l'esempio più sicuro di comete gemelle è quello presentato dalla cometa I del 1860, visibile nel cielo australe e scoperta ad Olinda nel Brasile dal Liais. Constava essa di due teste vicinissime tra loro e diverse per grandezza e per luce, e la maggiore delle quali, a sua volta, pareva composta di due nuclei distinti.

Contuttociò il fenomeno delle comete composte, e maggiormente quello del loro sdoppiarsi, vanno tra i più maravigliosi dell'astronomia, tanto che, anche dopo le numerose osservazioni di cui la cometa di Biela e le sue singolari apparenze erano state l'oggetto, non mancavano gl'increduli, per lo meno a riguardo del suo spezzarsi. Quindi si riteneva doppia la cometa fin da età remota, ma invisibile uno dei suoi componenti in causa del tenue splendore. Le osservazioni del Malavois nel 1805 (4), quelle dell'Hind e del Maury, dei quali astronomi i due primi videro i segni precursori dello sdoppiamento, quest'ultimo le code tuttora connesse, fanno decisamente cadere qualsiasi dubbio in proposito.

Ma, prima di abbandonare le comete periodiche, è necessario un istante solo ancora arrestarci sopra uno fra i più istruttivi di tali astri: la *cometa del Lexell* (5). Tro-

(1) *Annuario scient. ed ind.*, Anno IX, 1872. p. 117.
(2) *Quæst. Natur.*, VII., 16.
(3) CHAMBERS, *Pop. astr.*, p. 393, 400, 404; — SCHIAPARELLI, *Le stelle cadenti*, ecc., p. 92; — CELORIA. *Le comete*, p 68.
(4) *Annuario scient, ed industr.*, Anno XVIII, 1881. p. 38.
(5) CHAMBERS, p. 281; — NEWCOMB, p. 413, — HOUZEAU, p. 759; — CELORIA, p. 75.

Digitized by Google

vata dal Messier nel giugno del 1770, il Lexell ne calcolò esattamente l'orbita che trovò poco eccentrica, e il ritorno, che fissò in 5 anni e $^1/_2$. Contuttociò non fu veduta dopo, come non era stata veduta prima di quell'epoca, — fatto curioso, trattandosi di una rivoluzione così breve. Discussi i calcoli del Lexell, si trovarono esatti. Si deve quindi al Burkhart la spiegazione di questa singolare anormalità.

Le posizioni della cometa anteriormente al 1770, le avrebbero assegnato un periodo di circa 50 anni. Senonchè nel 1767 essa venne trasportata dal proprio movimento entro la sfera di attrazione di Giove, alla cui distanza dal sole aveva luogo il suo anteriore perielio, fatto che la rendeva invisibile a noi. L'azione del sistema di Giove, allora interno all'orbita della cometa, produsse nel suo corpo una tale perturbazione da obbligarla a percorrere un elissi più breve, e quindi a rendersi visibile a noi tre anni appresso, cioè nel 1770. Il nuovo periodo di circa 5 anni e $^1/_2$, poteva farla riapparire nel 1776; ma allora trovandosi essa nel perielio al di là del sole, le condizioni di visibilità erano troppo sfavorevoli per poterla scorgere. Intanto la sua rivoluzione la trasportò di nuovo accanto a Giove, che però adesso si trovava esterno alla sua orbita, epperciò esercitò una nuova perturbazione, ma in senso contrario della prima, vale a dire stavolta allargando l'elisse descritta in modo da rendere necessario un periodo di 20 anni a percorrerla. Ciò la portò ad essere di nuovo invisibile alla Terra, e tale presumibilmente rimarrà per l'avvenire, qualora nuove perturbazioni non ne alterino ancora il cammino.

Nelle vicende subìte dalla cometa ora accennata, si avrebbe un importante esempio di grandi variazioni nel periodo delle comete in causa delle perturbazioni planetarie. Un'altra cometa, quella, dell'Halley, mostrò anch'essa di andar soggetta ad assai forti variazioni nel suo periodo, anzi tali che il Clairaut faceva ammontare (e non era lontano dal vero) a non meno di un anno il ritardo che Giove e Saturno dovevano produrre nel suo ritorno. Aggiungo poi che oggimai anche tali perturbazioni sono calcolate in modo che l'ultimo ritorno della cometa dell'Halley al suo perielio, predetto dal Pontècoulant pel 13 novembre del 1835, avvenne il 16 dello stesso mese, con soli 3 giorni quindi in ritardo dall'epoca preconizzata.

Non sono certamente le comete periodiche quelle che destarono la meraviglia e lo spavento nei volghi. Di modesto splendore, spesso invisibili ad occhio nudo, esse passano nel cielo oggetto di studio e di ricerche e d'interesse solo per lo scienziato. Perciò la loro storia è breve, spetta all'età telescopica, anzi non si può farla risalire oltre a un secolo addietro.

Invece la storia delle comete celebri e spettacolose risale alle più remote età, e le loro prime apparizioni si smarriscono nelle nebbie delle leggende mitologiche. Le storie antiche offrono non rade notizie di tali fenomeni e tutti rammentano la cometa di Mitridate del 118, quella di Pompeo, del 48 a. Cr. quella della distruzione di Gerusalemme, del 69 dopo Cr., e tante altre. Limitando lo spoglio delle istorie di tali avvenimenti al periodo che segue il 1000, si trovano annoverate almeno una trentina di comete veramente meritevoli di menzione (1).

Ci sia permesso arrestarci sulle più ragguardevoli tra esse (2).

Interessante apparve fra altre la *grande cometa del 1680,* non solo grazie al suo notevole splendore ma anche perchè fornì mezzo al Newton di dimostrare come le comete subiscano l'influenza del sole. Apparsa nell'autunno del 1680, rimase visibile fino alla primavera successiva. Delle grandi comete, e dopo quella del 1843, è forse quella che più s'avvicinò al sole, da cui nel perielio non distava più di 1 milione di chilometri. Si credette un momento di poterla identificare colle comete del 43 a. Cr., del 531 e del 1106 d. Cr., e quindi di attribuirle un periodo di 575 anni; ma più tardi l'Encke assegnò alla sua orbita (del resto quasi parabolica) un periodo di almeno 8800 anni.

La *cometa del 1744*, già splendida fino dai primi momenti, passando al perielio, al 1 marzo, sviluppava un tale sfoggio di luce da rendersi visibile di pieno mezzogiorno. Di più essa mostrava allora (Fig. 115) non meno di sei code, lunghe da 30° a 45°, e quasi eguali fra loro, rivolte a ventaglio dalla parte opposta al sole. La curva parabolica della sua orbita non permise di assegnarle un periodo qualsiasi.

(1) E cioè quelle degli anni

1036	1456	1631	1759	1858
1106	1531	1680	1769	1861
1145	1556	1682	1811	1862 (III)
1265	1577	1689	1823	1864 (II)
1378	1607	1729	1835	1874 (III)
1402	1618	1744	1843	

(2) V. anche il **Prospetto XXIII.**

Digitized by Google

Questo secolo è ricco di grandiose comete. Fra esse va celebre la *cometa del 1811*. Sco-

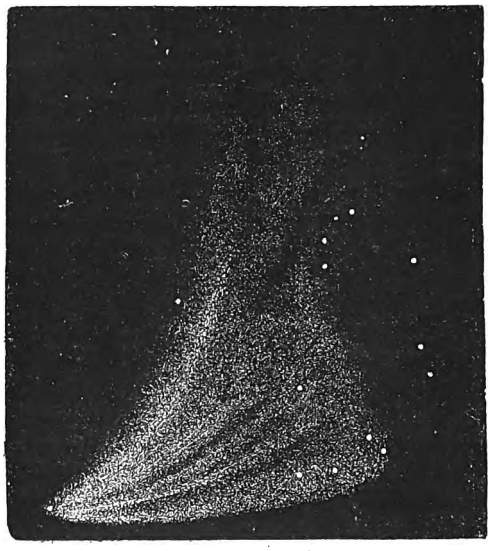


Fig. 115. — Cometa del 1744.

perta dal Flaugergues a Viviers il 26 marzo del 1811, fu vista l'ultima volta dal Wisniewski a Neu-Tscherkask il 17 agosto 1812, per cui telescopicamente fu visibile ben 17 mesi e ciò grazie a condizioni estremamente favorevoli di posizione, che per alquanti giorni la resero meraviglioso spettacolo nel cielo settentrionale. Imperocchè, quantunque non si avvicinasse mai molto alla Terra, la sua coda appariva larga non meno di 6° e lunga ben 25°, il quale ultimo valore corrisponde a circa 90 milioni di chilometri. Il nucleo si mostrava non già piccolo, come di consueto, e adagio adagio degradante in chioma e quindi in coda, ma simile ad un disco di luce variabile circondato da un anello luminoso, al di là del quale stava l'arco luminoso della chioma che si stendeva lateralmente alla coda in due rami decisamente separati un dall'altro, in modo che, secondo l'Olbers, il nucleo appariva come il foco, e l'arco luminoso come la curva di una parabola assai allungata ed alquanto ripiegata (1). L'Argelander potè assegnare a questa cometa un periodo di 3066 anni, con un'incertezza di circa 45. La sua distanza afelia deve riuscire almeno 14 volte più grande di quella di Nettuno, cioè pari a circa 63,000 milioni di chilometri!

La *grande cometa del 1843* (Fig. 116) fu sotto certi aspetti forse la più meravigliosa cometa del secolo (2). Venne scoperta verso la fine del febbraio nell'emisfero meridionale, dove ben presto divenne visibile anche di pieno giorno tanto che si potè misurare la sua distanza dal sole, risultata non maggiore di $1^{o}1/_{2}$. E realmente all'apparenza in questo caso corrispondeva il fatto, poichè nessuna cometa, a quanto sanno gli astronomi, si avvicinò più di essa al sole. Al momento vero del perielio essa distava dal centro dell'astro meno di 1 milione di chilom. e dalla sua superficie non più di 310 mila chilom., cioè di una quantità ben minore della media distanza della luna da noi. Allora la sua velocità era così grande,

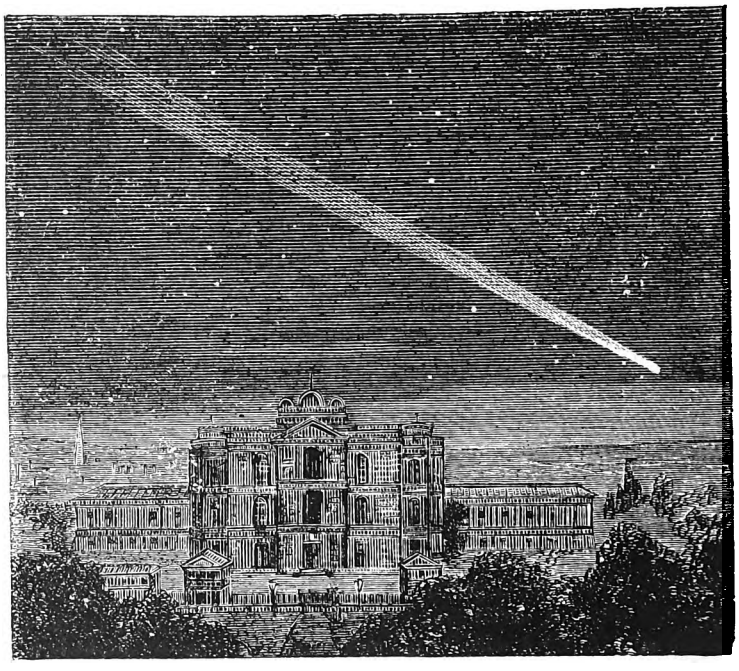


Fig. 116. — Cometa del 1843.

che si reputò, fra il 27 e 28 febbraio, sufficiente a farle descrivere un arco di 292°

(1) Una forma non molto diversa da questa, venne presentata dalla bella cometa del 1819, che però mancava di nucleo.

(2) Newcomb, pag. 408; — Chambers, pag. 310; — *Annuario scient. ed industr.*, Anno XVIII, 1881, pag. 22.

Digitized by Google

della sua orbita (Fig. 123). In pari tempo essa aveva di tanto accresciuto le dimensioni della sua coda, da darle uno sviluppo di ben 300 milioni di chilometri, lunghezza sterminata, che contrastava colla esiguità del nucleo pressochè invisibile.

Quando però si volle determinare l'orbita, apparvero delle enormi incertezze, dacchè venivano a risultare dei periodi pari a 35, a 150, a 175 e persino a 533 anni; anzi quest'ultimo (dovuto all'Hubbard) di solito si adottava nei cataloghi cometari (V. Prosp. XXIII).

Senonchè il 2 febbraio del 1880, appena scomparso il crepuscolo, una striscia di luce che solcava il cielo verso ponente rivelava agli astronomi di Cordoba nell' Argentina la esistenza di una cometa, che doveva giovare a sciogliere la questione. La nuova cometa, così improvisamente apparsa, nei giorni successivi crebbe rapidamente svolgendo una coda non minore di 40°, larga tuttavia non più di $1^{o}1/_{2}$. Quella lunghezza corrispondeva a 111 milioni di chilometri. Rimase visibile per tempo breve, però sufficiente perchè se ne potessero determinare gli elementi, i quali si trovarono analoghi affatto a quelli della cometa del 1843. Quindi le due comete si dovettero giudicare quale una sola, costretta ad un periodo di soli 37 anni ed 11 mesi, cioè di gran lunga minore di quello calcolato dall'Hubbard.

Riesaminando poi gli elementi noti per altre apparizioni di comete, essa non potrebbe essere identificata che con quelle del 371 a. Cr. e, soltanto supponendo forti perturbazioni di origine planetaria, con quelle due del 1668 e del 1702; ma il fatto dell'essere sempre sfuggita alla osservazione si spiega conoscendo le speciali condizioni delle sua orbita, per le quali nell' emisfero boreale — il solo che conti una lunga storia di esservazioni astronomiche e tuttora ben più ricco di specole del meridionale — essa non può essere visibile tranne nei casi in cui il suo perielio caschi in febbraio e marzo o in ottobre e novembre, mesi generalmente sfavorevoli alle osservazioni celesti. Quindi fra tre dei suoi passaggi al perielio, due senza dubbio debbono scorrere inavvertiti.

La *grande cometa del Donati o del 1858* (VI) non fu meno celebre della precedente (1). L'astronomo fiorentino la vide dapprima il 2 giugno come una nubecola larga 3′ e posta nel Leone Maggiore. Allora Essa distava pressochè egualmente dal sole e dalla Terra, e cioè da quello 333, da questa 348 milioni di chilometri. Fu dopo la metà dell'agosto che la sua coda cominciò a svolgersi, mentre essa a poco a poco si rendeva visibile. Quindi crebbe rapidamente nel settembre, mostrando singolari oscillazioni nella lunghezza della coda, che da un giorno all'altro sminuiva o s'accresceva di dieci o dodici e più gradi, spingendosi fino a 60° di lunghezza intorno al dieci del succesivo mese di ottobre. In quest' epoca la sua forma era proprio maravigliosa (Fig. 117): una prima coda in foggia

Fig. 117. — Cometa del Donati il 5 ottobre 1858.

di penna, estesa forse 80° e larga, non lungi dal suo termine, oltre a 12 milioni di chilom., brillante presso la parte convessa, degradante con lievissima sfumatura verso la concavità: una seconda coda pressochè rettilinea, di sterminata lunghezza e sottilissima che s' innestava alla prima poco lungi dal nucleo. In quei giorni, e proprio il 5 ottobre, lo spettacolo era reso ancor più sorprendente dal fatto che la cometa veniva quasi a occultare colla sua testa una stella di 1.ª grandezza, Arturo. Lo stesso nucleo presentava i più curiosi fenomeni: dacchè in periodi variabili da 4 o 7 giorni ed anche più lunghi, vi si sviluppavano delle serie di veli oscuri che si stendevano a striscie formando (Fig. 108 a pag. 129) quasi un piccolo e distinto ventaglio intorno all'asse

(1) Newcomb, pag. 409; — Chambers. pag, 312: — Celoria, pag. 5.

Digitized by Google

della coda medesima. È curioso come tali striscie richiamino alla mente quella specie di scanalature più oscure, che talvolta si riscontrano nelle aurore polari. Noi non possiamo proseguire nella minuziosa descrizione dei numerosi fenomeni, ai quali la cometa del Donati, specialmente se contemplata col telescopio (1), dava luogo. Essa, dopo aver mostrato il nucleo costituito da tre distinti contorni (Fig. 110), li venne aumentando fino a 7, ma in tanto andava allontanandosi dalla Terra e ad un tempo si rendeva invisibile per l'emisfero boreale. Sulla fine dell'ottobre noi non la vedemmo più, e sul principio del dicembre la sua coda scomparve anche per gli abitatori dell'altro emisfero, però telescopicamente potè ivi esser seguita fino al marzo del successivo anno 1859. La figura seguente (Fig. 118) mostra il tragitto della cometa nel suo perielio attraverso il piano dell'orbita terrestre e può dar ragione sì del suo approssimarsi alla Terra, come del sollecito scomparire per l'e-

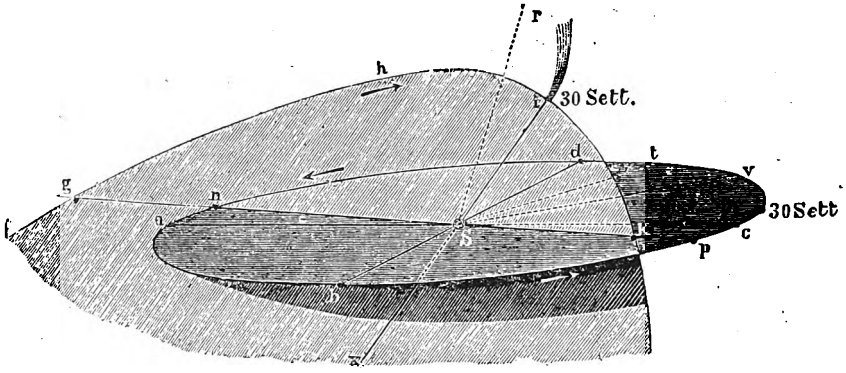


Fig. 118. — Orbite della Terra e della cometa del Donati.

S rappresenta il sole; *a*, *b*, *c*, *d*, l'orbita della Terra; *f*, *g*, *h*, *i*, *k*, l'orbita della cometa; *n*, *p*, la linea dei nodi; l'angolo *rSt*, eguale a circa 63,° l'inclinazione del piano dell'orbita cometaria su quello dell'orbita terrestre; *k* il punto nel quale la cometa traversò questo piano; le due date, i punti nei quali la Terra e la cometa si trovavano il giorno 30 settembre 1858.

misfero settentrionale. Neanche poi per essa apparve facile la determinazione esatta di un periodo: G. W. Hill glielo assegnerebbe pari a circa 1950 anni, il v. Asten a circa 1879 il Löwy a circa 2054. Accettando il primo, che sta quasi in mezzo fra gli altri dati, la cometa del Donati dev' essere apparsa 92 anni prima di Cristo e dovrà ricomparire intorno all'anno 3808.

La *cometa del 1861* (2) produsse pure assai grande impressione. Essa venne scoperta nel maggio del signor Tebbutt, un astronomo dilettante della N.ª Galles del Sud. e passò al perielio l' 11 giugno. Per l' Europa tuttavia non fu visibile prima del 30 giugno.

A Roma apparve tanto improvvisa e splendente che il P. Secchi la scambiò per un momento con uno dei fuochi d'artificio, ai quali la festa di S. Pietro dava occasione. Però, tramontato il sole, quella colonna luminosa, dapprima avvolta nei raggi solari, ben presto gli si appalesò come una coda gigantesca larga quanto la Via Lattea, ma di essa più splendida. Il capo della cometa era di già sotto l'orizzonte e la coda tuttavia colla sua parte più larga sorpassava di 10° la stella polare; quindi, in causa delle varie fluttuazioni di sviluppo, egli poteva dedurre una lunghezza oscillante fra i limiti di 118° e di 138° (1).

Dalla maggiore coda, foggiata a ventaglio, se ne staccava un' altra meno splendida di quella, anzi, secondo i disegni del William, si spiccavano parecchie appendici

(1) Giova avvertire ancora come le fluttuazioni del nucleo stessero quasi in ragione inversa delle dimensioni della coda. Quello diminuiva e questa s'allungava e viceversa.

Difatti eccone una prova.

	Diametro del nucleo	Lunghezza della coda
19 luglio	9000 chil.	
30 agosto	7000 »	22 milioni di chilom.
8 sett	3200 »	25 » » »
23 »	2050 »	19 » » »
5 ott.	640 »	53 » » »
6 »	1280 »	72 » » »
8 »	1800 »	69 » » »
10 »	1010 »	82 » » »

(2) Secchi, *Osservazioni e ricerche sulla grande cometa del giugno 1861*, in *Memorie dell'Osserv. del Collegio Romano*, 1863.

(1) Allora essa non distava dalla Terra più di 15 milioni di chilom.; quindi la coda, benchè occupasse tanto spazio di cielo non doveva esser lunga più di 30 milioni di chil.

Digitized by Google

rettilinee e allargate in modo da toccare, una l'Orsa Maggiore e l'altra la costellazione di Cassiopea. Poche settimane rimase veramente bella, e in agosto già scompariva all'occhio nudo, rimanendo però visibile mediantè il telescopio fino alla primavera seguente. Anche il suo nucleo, come quello della cometa del Donati, andò soggetto a singolari variazioni, nonchè a sviluppo di zone concentriche, delle quali può offrire un saggio la figura 111 (1).

Probabilmente le spetta un periodo di 409 anni.

Assai grande e maravigliosa fu anche la *cometa III dell'agosto* 1862 (2). Ebbe pur essa fluttuazioni di splendore e di forma a periodi regolari, e parimenti una singolare figura, perchè oltre la coda, che, come di consueto, si stendeva nella parte opposta al sole, un altro e minore aggetto luminoso pareva esser proteso verso quest'astro. Dai vari fenomeni mostrati da questa cometa, lo Schiaparelli trasse argomento per indurne un'azione repellente fra il sole e la coda delle comete non soltanto, ma ancora fra le particelle che costituiscono la coda.

Importante per lo studio delle comete è altresì il fatto della coincidenza notata fra gli elementi della sua orbita e quelli che presenta la corrente d'agosto delle stelle cadenti. Il suo periodo di 121 $^1/_2$ anni rende anche probabile la sua identità con molte fra le comete registrate nei secoli scorsi.

Il 17 aprile del 1874 l'astronomo Coggia a Marsiglia scoperse nella costellazione circumpolare della Giraffa una nuova cometa conosciuta sotto il nome di *cometa III del* 1874 o di *cometa Coggia* (Fig. 119) (3). Dapprima debole e telescopica, progrediva lentamente verso l'equatore in sembianza di un disco netto e lucente, circondato da una chioma a foggia di corona.

Si rese visibile ad occhio nudo soltanto al principio del giugno, cioè pochi giorni dopo che la chioma avea cessato di esser simmetrica e mentre si protendeva in tenue coda nella solita direzione opposta al sole. La striscia caudale crebbe quindi lentamente fino a 7 e più gradi, poscia con maggiore rapidità, sicchè verso la metà del luglio, allorchè la cometa cessava di essere visibile per noi, essa ne misurava non meno di 30°, e pochi giorni appresso forse 50° o 60°, dacchè anche essendo la sua testa al dissotto dell'orizzonte, appariva di parecchi gradi alta sovr'esso simile ad un'aurora polare.

Nell'emisfero meridionale si potè seguirla sino al 18 ottobre. Nel suo cammino si avvicinò notevolmente alla Terra, attraversandone il piano dell'orbita al 19 luglio, dieci giorni dopo del suo passaggio al perielio. L'orbita

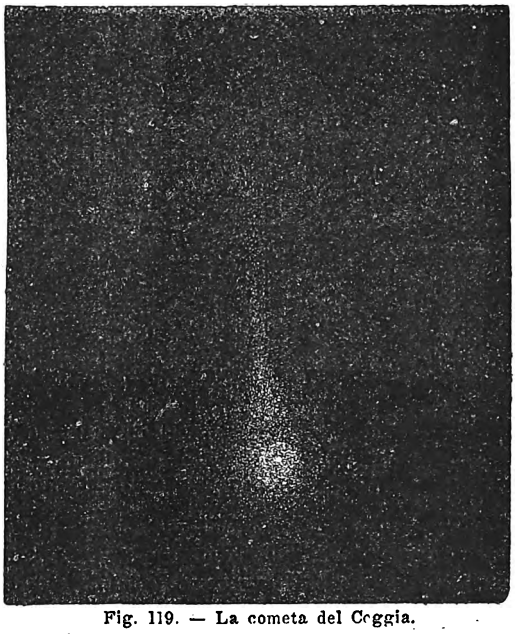


Fig. 119. — La cometa del Coggia.

non ne è parabolica; ma i periodi finora calcolati, appaiono incertissimi, come quelli che oscillano fra 5711, 8965, 12184 e 10445 anni.

Nella storia dell'astronomia cometaria il triennio 1880-1882 rimarrà celebre per la copia delle grandi comete, che in esso traversarono il cielo. Accennammo alla cometa *a* o *grande cometa del* 1880, ormai identificata con quella del 1843, nè crediamo opportuno di ritornarvi; — l'anno successivo presentava lo spettacolo non di una, ma di due comete visibili ad occhio nudo.

Notevolissima fu la prima (Fig. 119). *cometa b* o *grande cometa del* 1881 (1). Ci venne dall'emisfero meridionale, dov'era stata

(1) Vedi a pag. 131.

(2) *Annuario scient. ed industr.*, Anno XII. 1875, pag. 25

(3) *Annuario scient. ed industr.*, Anno XI. 1874, pag. 30; XII, 1875, pag. 25; XVII, 1880, pag. 30; — LORENZONI prof. GIUS., *Sulla direzione nello spazio della coda della cometa Coggia.* in *Memorie degli Spettroscop. ital.*, vol. V., 1876. Appendice.

(1) *Annuario scient. ed ind.*, Anno XVIII, 1881. p. 27; — LORENZONI prof. GIUS., *Sulle osservazioni della cometa* b (III) 1881, *fatte al R. Osservatorio di Padova*, in *Atti del R.° Istituto Veneto di sc.* ecc. Vol. VIII, ser. V. 1882, Venezia, Antonelli.

Digitized by Google

vista la prima volta a Windsor nella N.ª Galles del Sud dal Tebbut la sera del 22 maggio e poscia a Melbourne, a Cordoba ed altrove; ma verso la metà del giugno era già scomparsa per quelli e già da alcuni giorni era visibile pei nostri osservatori, che poterono seguirla fino al 2 settembre. Essa palesò dei curiosi contrasti colle grandi comete, che più davvicino l'aveano preceduta. Mentre la cometa Coggia avea dato un saggio assai in-

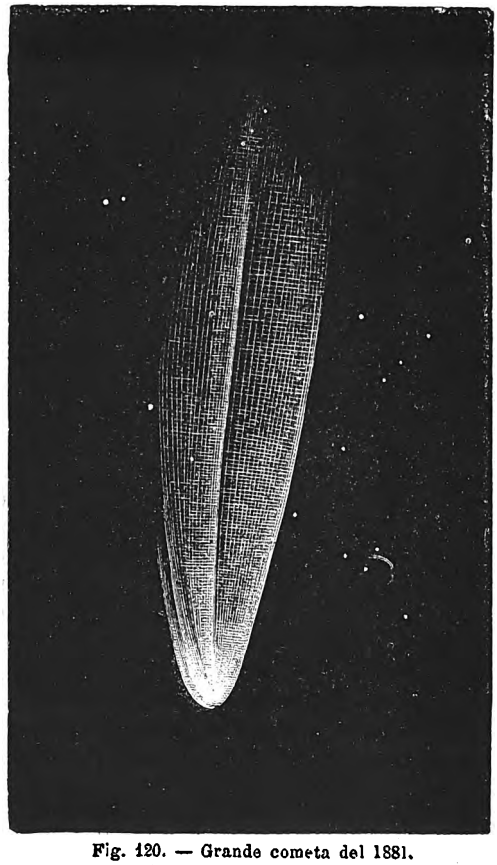


Fig. 120. — Grande cometa del 1881.

teressante dei fenomeni che precedono il perielio, questa offerse invece tutta la serie di quelli che lo seguono, sicchè la storia dell'una completa quella dell'altra. La grande cometa del 1880 era stata fra altre cose caratteristica per luce mite e tranquilla, sempre uguale a sè stessa ed uniforme, per assenza quasi totale di nucleo; — questa del 1881 diede luogo a variazioni rapide, incessanti e tumultuose, quali poche comete presentano; il suo nucleo, qualche giorno (25 giugno) grande in apparenza quanto Giove e più brillante di Arturo, era stranamente foggiato con prominenze varie, talvolta in forma di corna o di cetra, e da ultimo finì col frammentarsi, fenomeno se non nuovo, come vedemmo, almeno raro nelle vicende celesti.

La cometa passò al perielio il 16 giugno e allora non distava dal sole più di 0.73, cioè neanche 109 milioni di chilometri. Nella prima determinazione dei suoi elementi si credette di poterla identificare colla notevole cometa del 1807, già studiata dal Bessel, che però le avea attribuito un periodo di 1540 anni; ma poi, riconoscendole un'orbita molto somigliante al cammino descritto da quella cometa, si notarono troppo grandi diversità fra i due astri, perchè potessero ritenersi uno solo. Adesso il periodo assegnato alla cometa dell'1881 s'aggira intorno a 2950 anni.

Le tenne dietro, meno brillante, ma pur visibile almeno per alcune settimane, la *cometa Schaeberle* 1881, la cui figura diritta si slanciava solo per pochi gradi, mentre l'orbita parabolica in breve la sottrasse agli occhi degli osservatori.

Al contrario, invece che seguìta, la grande cometa del 1882 venne preceduta da altra minore, ma pur visibile ad occhio nudo. Era questa la *cometa Wells* od *a* 1882, trovata il 17 marzo a Boston dall' astronomo, del quale porta il nome. Fu notevole per la rapidità con cui si moveva aggirandosi intorno al sole, dal quale non distava al momento del perielio più di 15 milioni di chilom., ma più ancora pel suo spettro diverso da quello delle ordinarie comete, per ciò che mentre negli spettri di queste si notano le righe caratteristiche degl'idrocarburi, in essa si segnalava dapprima spiccata quella del sodio, che poi, mentr' essa si avvicinava al sole, scomparve.

Ma un maggiore, anzi veramente straordinario interesse negli astronomi fu destato l'anno scorso dalla grande cometa o *cometa c del* 1882 (1). Anch'essa, come le tre precedenti, predilesse l'emisfero meridionale, dove fu avvertita fin dal 1.° settembre da una nave che traversava il golfo di Guinea, poscia dal 2 al 3 settembre ad Auckland nella Nuova Zelanda, finalmente il mattino del 7 dall' astronomo Ellery, a Melbourne, fra le costellazioni del Sestante e dell'Idra; fu visibile ad occhio nudo fino dal primo

(1) Agli scritti citati in nota al principio del capitolo aggiungi SCHIAPARELLI. *La cometa del* 1882, in *Conferenze della Società d'Esplorazione commerciale in Africa*. Vol. II., *Conferenze del* 1883. Milano, Bellini, 1883, pag. 29 e seg.

Digitized by Google

giorno e cessò di esserlo soltanto l' 11 febbraio del 1883, e il 6 aprile successivo anche cercandola con potenti telescopi. Erano appena passati 15 giorni dalla sua scoperta, che il 16 settembre essa si vedeva di pieno mezzodì prossima al sole, alla cui minima distanza passava il giorno appresso, 17 settembre. Fu in questo giorno ch'essa presentò uno spettacolo fin allora mai stato osservato da astronomi; il passaggio di una cometa davanti al sole. Tuttavia per quanto fosse grande la diligenza degli osservatori, per quanto ottimi e potenti i telescopi adoperati, al Capo di Buona Speranza, dove pur erano favorevoli le condizioni atmosferiche, la cometa traversò il disco del sole immergendosi nel suo splendore, in modo da sottrarsi affatto durante, il passaggio, alle più accurate indagini. Allora essa non poteva distare dal centro del sole troppo più di 1 milione di chilom. nè quindi dalla sua superficie più di 350 o 400 mila chilom., e probabilmente ne traversò l' ardente atmosfera. In quell'epoca la sua coda non s'allungava più di 12° sopra 1° di larghezza; ma non era ancora scorso il settembre ch' essa si protendeva a circa 30°, lunghezza ben superata da altre comete se si considera solo l'arco occupato da essa nel cielo, ma forse superiore a quasi tutte, qualora si rifletta ch' essa non si avvicinò mai moltissimo alla Terra, dalla quale quei giorni stessi distava almeno 160 milioni di chilometri (1). Quindi ecco quali furono le sue distanze approssimative dal sole e dalla Terra tra l'autunno del 1882 e la primavera del 1883:

	Distanze della cometa 1882 in milioni di chilometri	
	dalla Terra.	dal Sole
10 settembre	160	56
12 »	153	41
17 »	149	1.1
30 »	192	90
15 ottobre	211	150
31 »	218	203
12 novembre	220	238
28 »	224	282
1 gennaio	260	360
» febbraio	340	430
» marzo	430	490
» aprile	550	540
» maggio	670	600

I primi calcoli dei suoi elementi (2) parevano identificarla colla cometa del 1668 e con quella del 1843, e quindi con quella del 1880, mentre che se ne giustificava il ritorno con perturbazioni avvenute nel passaggio del 1843, così prossimo al sole. Senonchè le indagini ulteriori non confermarono il sospetto.

È certo invece ch'essa fu una delle più splendide comete che mai si sien viste. Colle antiche del 43 a. Cr., del 70 d. Cr., del 1412, del 1532, del 1577, del 1618 e del 1744, il confronto è impossibile. La sola di questo secolo che potrebbe gareggiare con essa, è quella del 1843; ma coloro che se la rammentano, mentre le riconoscono maggiore sviluppo di coda, la dicono vinta per isplendore da questa del 1882.

E, oltre che per lo splendore, essa apparve notevole per la forma del nucleo circonvoluto, come già le comete del 1858 e del 1861, ma più ancora per un curioso sdoppiamento di nuclei (Fig. 121), avvenuto intorno al 30 settembre, per cui essa assunse quasi sembianza di due fiamme di candela avvicinate l'una all'altra. La coda stessa avea i lembi luminosi separati da una zona oscura per l' intera sua lunghezza. Le medesime singolarità spettroscopiche, che tradivano un'abbondanza di sodio, durante l'epoca perielia, e poi lo sparire di questa materia e la ordinaria preponderanza degl'idrocarburi, novità apparse nell'esame della cometa del Wells, riapparvero anche in questa. Nè finalmente, a darle la palma su quante comete la scienza registra, mancò il dubbio che essa fosse accompagnata da una minore, la cometa *e Schmidt*, da questo astronomo scoperta il 9 ottobre, e lanciata sopra un'orbita assai somigliante a quella percorsa dalla grande consorella. Se poi l'analogia delle due orbite sia puramente accidentale o se veramente la nuova cometina sia una compagna e forse un frammento della maggiore, è quanto la scienza crede probabile, ma che ancora non ardisce assolutamente dichiarare.

La rapida scorsa che noi compiemmo traverso le schiere delle comate periodiche e

(1) Lo Schiaparelli non crede che il giorno 21 novembre la sua coda si stendesse meno di 600 milioni di chilometri in lunghezza sopra 38 milioni di chilometri in larghezza, tenendo conto delle appendici trasversali di cui era munita.

(2) Essi furono già calcolati da parecchi astronomi. Noi trattandosi di una cometa recente e della quale quindi i soliti manuali non tengono ancora parola, deroghiamo dalla consuetudine seguita per le altre e crediamo di far cosa grata al lettore riportando gli elementi che ne risultarono al Kreutz dietro il calcolo delle osservazioni dall'8 sett. al 14 nov. 1882.

Passaggio al perielio	=	sett. 17.26117 (t. m. di Berlino)	
Longitudine del nodo	=	346.°1'.27".2	equinozio del 1882.
Dist. del nodo ascendente dal perielio	=	69.°36'.1".5	equinozio del 1882.
Inclinazione	=	141.°59'.40".1	
Eccentricità	=	0.9999100	
Distanza perielia	=	0.0077531	
Semigrand'asse	=	89.240	
Periodo	=	843 anni.	

Digitized by Google

non periodiche, e i brevi accenni fatti ad alcuni tra i fenomeni ai quali esse dan luogo, ci permetteranno di fissare alcuni concetti che le riguardano. Ma prima vuolsi avvertire che quelle da noi esaminate non sono se non un drappello estremamente esiguo del numeroso esercito di comete, che solcano il cielo, e delle quali esse son forse soltanto per noi le più cospicue ed interessanti. Dare un' esatta *statistica* delle comete (1) è assai difficile. Keplero non riteneva il cielo meno ricco di comete *quam oceanum piscibus* (2). D'altra parte lo Struijck le faceva ascendere solo a qualche centinaio. Una volta che si cominciò a calcolarne le orbite, si fecero anche dei tentativi per arguire dal numero delle comete note, il numero di quelle che erano sfuggite allo sguardo degli astronomi. Per questa via il Lambert le fece salire ad oltre 2 milioni limitandosi soltanto a computar quelle circoscritte nell'orbita di Saturno. L' Arago invece valutava a 300 o 350 mila quelle il cui perielio non oltrepassava l'orbita di Nettuno.

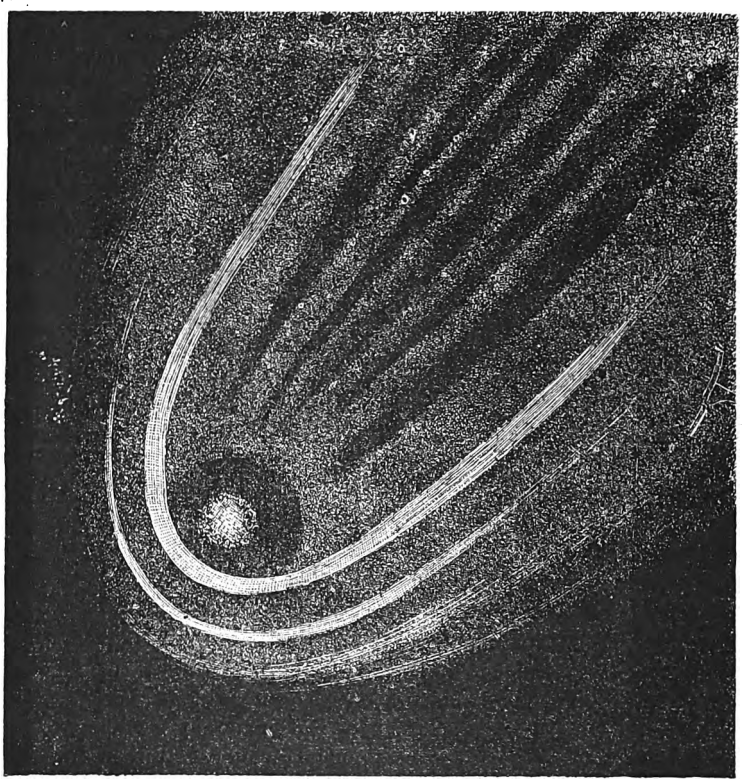


Fig. 121. — Testa della grande cometa del 1882.

Più savio è intanto tener conto delle comete ormai registrate, distinguendo fra le telescopiche e quelle visibili ad occhio nudo. La statistica delle comete non telescopiche può risalire al 612 a. Cr. Ma la rarità di notizie storiche riguardanti quei tempi remoti e forse la piccolezza dello spazio di mondo in cui si osservava, non permise che ci pervenisse memoria di più che 78 comete anteriori all'era volgare. Dopo quell' epoca, pure tenendo conto anche di quelle registrate negli annali cinesi si hanno:

nel	sec.	I	comete	22
»	»	II	»	23
»	»	III	»	44
»	»	IV	»	27
»	»	V	»	16
»	»	VI	»	25
»	»	VII	»	22
»	»	VIII	»	16
»	»	IX	»	42
»	»	X	»	26
»	»	XI	»	36
»	»	XII	»	26
»	»	XIII	»	26
»	»	XIV	»	29
»	»	XV	»	27
»	»	XVI	»	31
»	»	XVII	»	12
»	»	XVIII	»	36
dal	1801	al 1882	»	22
			Totale	508

Dunque circa mezzo migliaio di comete visibili ad occhio nudo e segnalate in 1882 anni, il che vuol dire una media di circa 27 comete al secolo e quasi 600 comete visibili, dal momento in cui si cominciò ad osservarle. Ad esse vanno aggiunte oltre a 200 comete telescopiche viste negli ultimi 270 anni, e delle quali circa 170 furono vedute in questo stesso secolo. Ond' è che a circa 800 si può far salire oggi il numero complessivo delle comete note, e fra esse sommano a circa 330 quelle delle quali l' orbita è stata calcolata. Le recenti indagini sistematiche fanno sì che il numero delle comete telescopiche adesso vada aumentandosi assai rapidamente, sicchè non passa anno senza che se ne aggiungano 5 o 6, e anche più ai soliti cataloghi. Prendendo ad esame

(1) Celoria, pag. 99; — Newcomb, pag. 403; — Houzeau, pag. 753. — Chambers, pag. 327; — Humboldt, *Cosmos*, III°. pag. 172; I°, pag. 98 e seg.

(2) *De Cometis libelli tres*, V. Keplerus. *Opera Omnia*, ed. cit. Vol. VII, 1868, pag. 110

Digitized by Google

soltanto le 258 comete paraboliche, le cui orbite vennero calcolate con maggior sicurezza, cominciando dal 372 a. Cr. e andando al 1880, si trova che le loro distanze perielie e le loro inclinazioni son date dai numeri seguenti, rammentando che quel primo valore si ragguaglia alla distanza della Terra dal sole = 1.0.

Distanza perielia	Numero delle com.	Inclinazione	Numero delle com.
0.0 — 0.3 . . .	31	0° — 15° . . .	25
0.3 — 0.6 . . .	62	15 — 30 . . .	27
0.6 — 0.9 . . .	73	30 — 45 . . .	48
0.9 — 1.2 . . .	56	45 — 60 . . .	58
1.2 — 1.5 . . .	18	60 — 75 . . .	44
più di 1.5 . . .	18	75 — 90 . . .	56

Dal che si vede come il maggior numero delle comete si avvicini al sole ben più che la Terra, e poche sieno quelle il cui perielio esca dall'orbita del nostro pianeta. Invece predominano le forti inclinazioni, sicchè son poche quelle la cui orbita faccia piccolo angolo sull'eclittica.

Anche i dati della longitudine del perielio mostrano una preferenza per molte fra esse a percorrere una piuttosto che un'altra plaga del cielo e cioè a passare più frequenti intorno al 90° e al 270°, che non al 170° e al 350° di longitudine.

Del resto, tornando al loro numero, se pur questo dovrà crescere, causa la bontà dei nostri istrumenti e dei metodi di ricerca, è vero ancora che grazie ai calcoli delle orbite, oggi più esatti che non in addietro, molte fra le comete vanno identificandosi con altre. D'altronde, siccome anche le più grandi fra esse sono appena visibili coi nostri più potenti telescopî soltanto allorquando passano lontane dal sole non più di 1 volta e $^1/_2$ o 2 volte la distanza terrestre, è anche probabile che molte resteranno per sempre ignorate, come ancora dovremo attendere per anni e per secoli la comparsa di quelle a lungo periodo, il perielio delle quali precedette l'età telescopica.

Ma dalla rassegna delle comete, alla quale facemmo posto, emerge un altro fatto, ed è la estrema esilità delle loro masse. Mentre per i pianeti si può ritenere ogni perturbazione essere un'anomalia, per le comete è il fatto ordinario, tanto è comune, grazie appunto alla esiguità della materia che le costituisce. Anzi, ciò permette di ritenere come le loro stesse orbite possano essere variamente modificate con vicende frequentissime, sicchè da paraboliche e forse da iperboliche possano ad un tratto diventare elittiche, e viceversa. L'esempio della cometa del Lexel non è unico a dimostrare l'asserto. D'altra parte l'influenza dinamica delle comete sui pianeti è quasi nullo. La cometa ora citata, nel 1779 passò a una distanza da Giove pari a $^1/_{94}$ della distanza unitaria della Terra al sole: pressapoco a 1 milione e $^1/_2$ di chilom. Ora, quantunque a quella cometa si attribuisse un diametro da 3 a 4 volte e quindi un volume forse 40 o 50 volte maggiore di quello della Terra, non solo il movimento di Giove, ma nemmeno quello di veruno dei suoi satelliti non riuscì menomamente perturbato. Quella stessa cometa, nel luglio del 1770, si avvicinò alla Terra siffattamente che la sua distanza minima non si poteva stimare maggiore di 2 milioni e $^1/_4$ di chilom., circa 6 volte la distanza lunare. Il Laplace, che volle calcolarne la influenza dinamica sul nostro globo, avendo istituiti delicatissimi computi sulla durata della rivoluzione siderea di questo prima e dopo di tale avvicinamento, venne alla conclusione ch' essa non avrebbe potuto produrre sopra un' intera rivoluzione terrestre un'alterazione di 2 secondi. Ora, se la cometa avesse avuto una massa pari a quella della Terra, nel caso di un siffatto avvicinamento, la rivoluzioue annua avrebbe dovuto essere allungata di $2.^{ore}\ 47^m$, cioè di 10020 secondi. I 2 secondi riscontrati stabiliscono quindi la presunzione che alla cometa del Lexell non si possa attribuire, nel più favorevole dei casi, una massa maggiore di $^1/_{5000}$ di quella della Terra.

I calcoli poscia istituiti dal Calandrelli, dal Faye e dal Roche sopra un numero limitato di comete, offrono dei valori di gran lunga più piccoli, cioè tali da essere appena esprimibili per miliardesimi della massa terrestre (1).

Tale esilità di massa dà in gran parte ragioni di molti fra i fenomeni cometari: la trasparenza, le variazioni nella dimensione e nella forma dei nuclei e delle code, lo scindersi delle teste e l' agitarsi tumultuoso e caotico della materia che le costituisce. Parimenti rende nulli o quasi gli effetti presumibili che potrebbero derivare da un cozzo eventuale di una cometa contro la Terra,

(1) La cometa del Donati del 29 settembre 1858 avrebbe la seguente massa, sempre supposto eguale ad 1 quella della Terra:

sec. il Calandrelli 0.000,000,000,78
» » Faye 0.000,000,004,30
» » Roche 0.000,000,000,13

v. Houzeau, pag. 785.

Digitized by Google

mentre puo fornire forse agli astronomi un nuovo mezzo per la ricerca dei pianeti ultranettuniani (1).

E un altro soggetto importantissimo è pur quello della *costituzione* delle comete. Già gli antichi le sapevano trasparenti, ma solo alla fine del secolo scorso l'Olbers francamente dichiarava che il loro nucleo non è menomamente solido. Ora, in questo caso, come in altri analoghi da noi accennati, un primo mezzo per attingere la verità è l'esame della luce del corpo in questione. Al Newton quella delle comete sembrava unicamente luce riflessa dal sole, quindi, appena 50 anni or sono, l'Arago, in seguito ai suoi bellissimi esperimenti sulla polarizzazione della luce, poteva dichiarare che questi astri, se forse posseggono una luce propria, ne riflettevano per non trascurabile quantità anche parte di quella proveniente dal grande astro (2).

Però rimaneva indeciso fin dove si dovesse prestar fede alla luce propria, l'ammetterla pur parendo assai ragionevole e consentaneo alle tumultuose agitazioni che sconvolgono il seno di questi astri e che non possono non essere generatrici di calore e di luce. Le osservazioni spettroscopiche, istituite sulle comete specialmente dall'Huggins e dal Secchi, mostrarono che la loro luce si risolveva generalmente in due spettri, uno più debole e a luce continua, e l'altro più forte e discontinuo formato da tre zone luminose, separate da larghi intervalli apparentemente oscuri, spettro molto più vivo e continuo nel nucleo che nella coda della cometa. Ora, secondo i principî della spettroscopia, queste zone lucide e discontinue sarebbero prova della presenza di gaz incandescenti e perciò di luminosità propria delle comete, e siccome tale spettro è comune a tutte le comete finora esaminate, parrebbe fuor di questione che tutte brillassero, almeno parzialmente, di luce propria. Senonchè di recente il Respighi espresse l'avviso essere possibile la esistenza di uno spettro a righe lucide e discontinue, anche senza che esso sia necessariamente proveniente da luce propria delle comete, reputandolo esplicabile col solo fatto degli assorbimenti che la massa cometaria esercita sulla luce solare da essa riflessa e diffusa.

Tuttavia il maggior numero degli astronomi sta ancora per ritenere duplice la natura della luce cometaria, cioè e propria e riflessa. A ingenerare poi le rapide modificazioni di luce e d'intensità delle comete non sembra adesso irragionevole far intervenire un nuovo elemento importantissimo: quello dell'elettricità, alla quale anche verrebbero attribuiti alcuni dei fenomeni luminosi della coda. Imperocchè non si può dire nè che questa appendice delle comete brilli di luce propria, nè, qualora questa si giudichi riflessa, che essa lo sia dal sole o dallo stesso nucleo cometario, e neanche finora ch'essa rappresenti quello speciale stato della materia in cui questa è sottratta alle leggi della gravità e che il Crookes ha designato col qualificativo di stato *radiante* (1).

Lo spettro discontinuo della testa della cometa, proverebbe dunque ch'esso è, almeno in gran parte, costituito di gas. È certo però che ciò contrasta col fatto che i nuclei durante le occultazioni stellari non danno origine a rifrazione di sorta; con quello della elasticità di tali gas, che renderebbe impossibile la persistenza della cometa: finalmente coll'alta temperatura necessaria a renderli incandescenti e che deve mancare a grandi distanze dal sole. Quindi adesso si è inclinati a ritenerle costituite da una miscela di materie granulari e gazose, in tale condizione, quale forse sulla Terra non ne abbiamo esempio alcuno.

Ma se questo solo possiamo dire quanto alla presumibile condizione in cui si trova la materia cometaria, qualcosa ci è permesso soggiungere intorno alle sostanze che la compongono. Le tre zone lucide dello spettro (Fig. 122) spettano alla parte azzurra, verde e gialla e precisamente alle righe D, E ed F. Ora tale spettro si trovò corrispondere decisamente a quello delle combinazioni del carbonio coll'ossigeno e coll'idrogeno. Oltre a ciò, vi è probabile la presenza dell'azoto. Rammentiamo ancora come in alcune fra le più recenti comete, per es., in quella del Wells (*a 1882*) e nella grande cometa

(1) Forbes G. *On an ultraneptunian planet*, nei *Proceedings of Royal Society of Edinburgh*, Vol. XII, 1881. V. Dallet, citato.

(2) *Annuaire du Bureau des longit.*, 1832, p. 216. Tuttavia la luce delle comete è estremamente debole. Più che dal giudizio nostro personale, la debolezza della loro luce apparisco dagli sperimenti fotografici. Mentre per avere una imagine ben definita della luna è sufficiente una posa della durata da $\frac{1}{160}$ ad $\frac{1}{180}$ di secondo, per avere una discreta imagine di una cometa è necessaria almeno mezz'ora di tempo, cioè una durata quasi 300 mila volte maggiore. V. Jansen, *Note sur la photographie de la comète b* 1881, ecc., in *Annuaire du Bureau*, 1882, pag. 781.

(1) V. in proposito C. Bergouen, *La matière radiante et les comètes*, in *Revue scientif.* 2 sept. 1882, 3.e serie, deux. sem., T. 30, pag. 297.

Digitized by Google

dello stesso anno 1882, si notasse distinta la riga del sodio, sviluppatasi durante il passaggio della cometa al perielio. Che poi ciò pro-

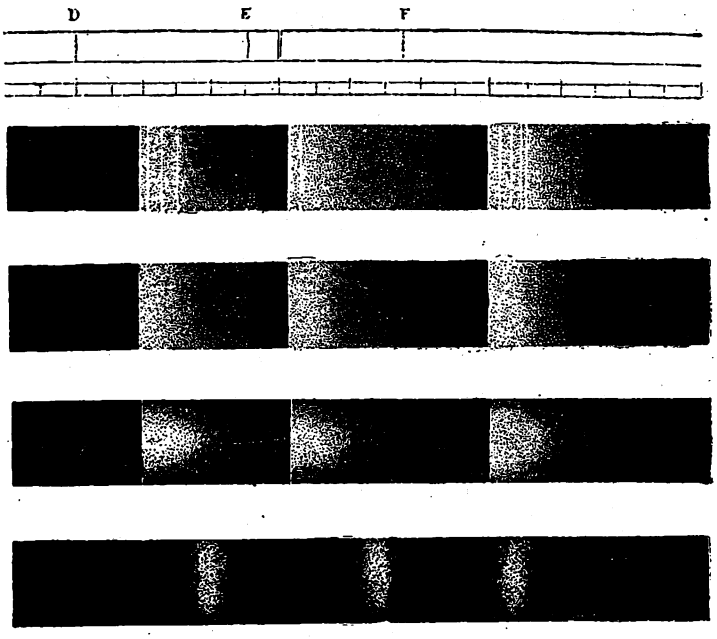


Fig. 122 — Spettri dell'idrogeno carbonato e delle comete.

[1. Carbonio nell'olio d'oliva; 2. Carbonio nei gas oleiferi; 3. Spettro della cometa del Winnecke (com. II del 1868); 4. Spettro della cometa del Brorsen (I del 1868)].

venga da materiale sviluppo di sodio, quasi latente nel corpo delle comete e svolto per l'avvicinarsi del sole, o da altra causa, è difficile dirlo. Certo è che questo fatto, non avvertito per l'addietro, potrebbe fornire nuovo argomento ai fautori della materia eterica interplanetaria, potendosi inferirne che il sodio stesso sia diffuso nei dintorni del sole ben più ampiamente che in generale non si creda.

Come si vede, quanto sappiamo della materia cometaria e del modo col quale sono costituiti i nuclei e la chioma delle comete, è ben poco, e anche quel poco è per lo più basato sopra ipotesi. Peggio ancora avviene quando passiamo a trattare degli effluvî cometarî.

Finchè si tratta delle brevi emissioni luminose che questi astri projettano dalle varie parti del disco, per trovarne una spiegazione si può ricorrere alle agitazioni che rimescolano variamente la rarefattissima materia della quale sono costituite le teste delle comete. Ma il difficile sta nel dare spiegazione delle code.

Sicuro è il fatto, avvertito ancora diciotto secoli or sono da Seneca, cioè che *comæ radios solis effugiunt,* le code sfuggono i raggi del sole e si stendono nella parte ad esso opposta (1). Non meno sicure sono la straordinaria trasparenza, la velocità del loro trasporto, per cui in poche ore percorrono spazî incommensurabili di cielo, da ultimo il loro aumentarsi rapido all'avvicinarsi del sole e di solito a spese della testa della cometa.

È certo che questi soli fatti e molti di quegli altri che già segnalammo in addietro, non sono conciliabili tutti fra loro e ad un tempo colle proprietà della materia, quale siamo avvezzati a considerarla noi stessi. Per dirne di una sola: la coda della cometa del 1843 (Fig. 123) in circa due ore compieva intorno al sole un arco di 180.° Il nucleo si moveva colla velocità di circa 550 chil. al se-

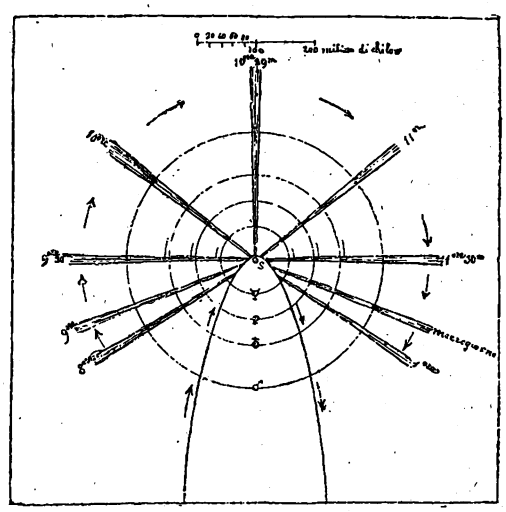


Fig. 123. — La cometa del 1843 che in poche ore gira intorno al sole con una coda lunga 320 milioni di chilometri.

condo; ma la coda si stendeva per oltre 300

(1) *Quaestiones natur.*, VII., 20.

Digitized by Google

milioni di chilometri: quindi ciascuno dei suoi punti percorse in quel tempo un arco tanto maggiore, quanto era maggiore la sua distanza dal nucleo. Presi ad esempio i punti posti alla metà della coda, essi, in quel frattempo, devono aver descritta una curva eguale in lunghezza alla metà dell' orbita che la Terra descrive in 6 mesi, cioè devono essere stati dominati da una velocità di 64 mila chilom. al secondo! Ora, una tale velocità è affatto inconciliabile con quella straordinaria esilità di materia, che tutto ci induce a credere speciale delle code cometarie, anzi è inconciliabile addirittura colla materia. Le molecole di questa, se ponderabili, in balìa di tale velocità, dovrebbero fuggirsene nello spazio secondo un'orbita decisamente iperbolica.

Ad esplicare fatti così contradditori si moltiplicarono le ipotesi, il più delle quali si potrebbero riassumere nelle seguenti categorie: quelle che spiegano la formazione delle code cometarie unicamente per forze meccaniche; o che ricorrono all'azione di forze speciali (forza ripulsiva del sole); o che le considerano speciali fenomeni luminosi (attinismo, eccitazione luminosa dell'etere); o anche le attribuiscono a semplici illusioni nostre.

Si volle, per es., che le code fossero formate soltanto in grazia della leggerezza specifica delle particelle di cui sono costituite (Boscowich, Zencker, ecc.) in modo che le più leggere, già vaporizzate da un'alta temperatura, si elevino secondo il prolungamento del raggio vettore; ovvero che la loro spinta sia derivata da azioni meccaniche simili a quelle che producono le maree terrestri (Lehmann); ovvero anche unicamente dal semplice moto orbitale, da cui son dominate (Guist).

Si volle da altri pensare che la coda altro non sia se non una semplice illusione ottica, prodotta dai raggi solari che si rifrangono nel corpo della cometa, e che illuminano le materie gazose disseminate nello spazio (Gergonne), ovvero ch'essa sia prodotta in una guisa analoga a quella che determina la formazione delle così dette *nubi attiniche* nei nostri gabinetti (1). Secondo quest'ultima teoria, esposta dal Tyndall, ogni cometa è formata da una sostanza vaporosa, che la radiazione solare decompone, e la chioma e la coda rappresentano la nube attinica che segue necessariamente i raggi solari e il loro prolungamento oltre la testa della cometa. Questa teoria suppone la esistenza di una materia interplanetaria, capace di subire la influenza attinica dei raggi solari.

Una fra le teorie più accreditate nei nostri tempi è quella di una *forza ripulsiva* nel sole. Essa fu accennata dapprima dall'Olbers, in seguito agli studi compiuti sulla cometa del 1811, e poscia sviluppata e avvalorata di forti argomenti scientifici dal Bessel. Adesso ha valenti fautori anche in Italia, e fra essi annoveriamo lo Schiaparelli. Secondo questa teoria le molecole delle comete sarebbero dominate da due forze: una che le attrae verso il sole, l'altra che le respinge lontano da esso; questa seconda forza, predominante nella esilissima materia cometaria, darebbe origine alla formazione delle code. Naturalmente qui si tratta di una forza nuova: che non è la gravità e nemmeno la forza centrifuga, dalla quale ultima originerebbero fughe tangenziali di materia. Il Bessel ne spiegava la natura con fenomeni analoghi alle attrazioni polari e magnetiche; lo Zöllner con azioni elettriche; il Faye per un'*azione di superficie*, che rammenta quella dei venti, o della dilatazione dei gaz prodotta dal calore (1); lo Schiaparelli, che non si

(1) Supponiamo di essere in una camera oscura e di prendere un tubo di vetro perfettamente vuoto e chiuso con due dischi pure di vetro alle due estremità; introduciamovi quindi poche goccie di un vapore suscettibile di essere scomposto sotto l'azione della luce; finalmente facciamo passare traverso il tubo e longitudinalmente allo stesso un fascio di raggi paralleli. Nel primo momento che il tubo vien esposto all'effetto dei raggi luminosi, il suo interno rimane oscuro; ma poi indi a poco comincia a formarvisi una nube sfumata e leggera, da cui irradia man mano una luce sempre più intensa, in modo da meravigliare che da una sostanza così tenue e in quantità così piccola possa essere riflessa tanta luce. Contemporaneamente essa rimane affatto trasparente. Alla nube così formata, il Tyndall, cui si deve l'esperimento, diede il nome di *nube attinica*.

(1) Il quattro settembre 1882 il sig. Faye così esponeva nuovamente all'Accademia di Francia le sue idee sulla formazione della nebulosità (chioma, coda) impalpabili delle comete: « S'imagini un fiocco di neve trasportato nello spazio celeste e quindi sottratto a qualsiasi pressione e circondato da un ambiente affatto incapace di ritenere il calore solare. Il fiocco di neve verso la parte d'onde riceve i raggi del sole, svolgerà dei vapori. Questi, essendo troppo rari per ritenere il calore, sotto l'influenza del freddo dello spazio si condenseranno in fiocchi più piccoli, che a loro volta sottoposti allo stesso procedimento, si trasformeranno in fiocchi ancora più piccoli. L'azione solare non controbilanciata da un'apprezzabile attrazione del fiocco primitivo, tenderà a decomporle in una nebulosità bagnata di vapori instabili, estremamente rarefatti e quindi tali da presentare ben presto un enorme volume. Ora, tutte le comete che s'appressano al sole, in causa della sua attrazione subiscono una decomposizione, che tende a separare da esse una parte dei materiali che le costituiscono. Tale decomposizione agisce tanto sulle parti più dense quanto sulle più leggere, ed è contraddistinta dal movimento dei materiali, divisi pressapoco lungo la stessa orbita della cometa.

I materiali evaporabili liberati dall'attrazione del nucleo, sottratti altresì dalla pressione dagli strati che costituiscono la cometa con un visibile accrescimento di densità verso il centro, si trovano nella condizione di quel fiocco di neve. Essi si spandono rapidamente nello spazio

Digitized by Google

perita a chiamare *misteriosa* siffatta forza ripulsiva, con un peculiare modo di essere di parte almeno della materia delle comete. Nel complesso, e con una larga approssimazione, secondo la teoria della forza ripulsiva, le code cometarie verrebbero ad assumere la nota loro figura in una guisa non diversa da quella che segue il fumo ch'esce dal cammino della vaporiera.

Certo è che tale teoria porta alla conseguenza della distruzione graduale delle code cometarie e altresì a quella della diminuzione dei nuclei: conseguenze entrambi non escluse dal fatto che le comete a corto periodo o non hanno coda o l'hanno brevissima, e confermate da quello che, a quanto pare, la cometa di Halley nelle sue prime apparizioni presentasse una coda più lunga di quella che attualmente non possa vantare.

Del resto tutte le teorie indicate offrono il fianco ad obiezioni vitali, sicchè riesce facile rovesciarle, certamente più facile che non crearne una capace di rispondere vittoriosamente a tutte le obiezioni. Speciosa, ma essa pure discutibile, è la recentissima ipotesi del Flammarion, per la quale le code non sarebbero costituite da una sostanza materiale, ma verrebbero ad essere invece il prodotto di un'*eccitazione luminosa dell'etere*, probabilmente ingenerata dallo sviluppo di elettricità contraria nel sole.

E adesso, esposte sommariamente tante congetture, possiamo concludere, senza paura di essere smentiti, che la natura vera delle comete e il modo di formazione delle loro code costituiscono tuttavia due di quegli enigmi scientifici, che attendono ancora, e, forse chissà per quanto tempo, un Edipo che sappia svelarli.

II. Invece pare che la scienza abbia alquanto più profondamente veduto in quell'altro e non meno arduo problema della provenienza delle comete. Però, onde formarcene un giusto concetto, è mestieri per noi non considerare le comete, come abbiam fatto sin qui, cioè quale fenomeno isolato, ma prenderle ad esame in relazione con una serie di altri fenomeni celesti, quali sono le *stelle cadenti*, i *bolidi* e i *meteoriti* (1).

Quantunque a primo aspetto si possano giudicare fenomeni sostanzialmente diversi, essi sono, secondo ogni probabilità soltanto, manifestazioni diverse dello stesso fatto o di fatti molto analoghi tra loro, ed ecco perchè ci è permesso di farne oggetto di trattazione comune.

Forse non c'è persona al mondo, cui non sia noto il fenomeno delle *stelle filanti* o *stelle cadenti* (2), e che non abbia alcuna sera contemplato.

> Quale per li seren tranquilli e puri
> Discorre ad ora ad or subito fuoco,
> Movendo gli occhi, che stavan sicuri,
> E pare stella che tramuti loco;
> Se non che dalla parte, onde s'accende,
> Nulla sen perde ed esso dura poco.
>
> ALIGHIERI, *Paradiso*, C. XV., v. 13 13-18.

libero acquistando quel grado di tenuità e di rarefazione che permette alla forza ripulsiva del sole di agire sovr'essi. Questi materiali conservano tuttavia la velocità e la direzione del movimento che li dominava allorchè facevano ancor parte della cometa; ma la forma centrale essendosi per loro modificata, non si movono più lungo la trajettoria primitiva, ma se ne allontanano con una sorprendente rapidità.

Se si considera unicamente la decomposizione dovuta, come nelle nostre maree, alla semplice influenza dell'attrazione solare, si trova giusta l'analisi del sig. Roche, che i materiali devono distendersi in due punti opposti e spandersi lungo due zone coniche divergenti. Le creste o settori luminosi diretti verso il sole provengono dunque da questo stato di decomposizione e non già da una ripulsione elettrica o magnetica del nucleo sui propri materiali (Olbers e Bessel)

Dall'espansione crescente che parte di questi materiali staccati assumono in seguito, proviene che le nebulosità cadute sotto l'azione della forza repulsiva cambiano strada restando i materiali più densi quasi sulla trajettoria primitiva e solo avanzando alquanto sul nucleo.

Non v'è dunque in questione, se non l'influenza dell'attrazione solare che tende a decomporre dei corpi a massa assai debole e a volume grandissimo, e quella della ripulsione solare che comincia ad agire sulla parte evaporabile di tali materiali, dei quali quelli sottratti a qualsiasi pressione e sottoposti ad un calore crescente cominciano a formare delle nebulosità estremamente rarefatte ».

V. *Revue scientif.* 3ª Sez., Vol. 2. T. 30, pag. 379.

(1) NEWCOMB pag. 420, — HOUZEAU, pag. 795; — CHAMBERS, pag. 730; — HUMBOLDT, *Cosmos*, I, p. 110; III pag. 483; — SECCHI, *Le Soleil*, II, pag. 418; — MÜLLER, pag. 233; — FLAMMARION, *L'Atmosfera*, pag. 215; — JAHN GUST. AD *Katechismus der Astronomie*, ecc. 6ᵉ, Auflage bearb. von *Ad. Drechsler*, Leipzig, Weber, 1880, pag. 245 e seg.; — SCHIAPARELLI, *Note e riflessioni intorno alla teoria astronomica delle stelle cadenti*, in *Memorie di matematica e di fisica della società italiana delle scienze*, serie III, Modena, vol. I, 1867, pag. 153; — id. *Sulla velocità delle meteore cosmiche nel loro movimento a traverso dell'atmosfera terrestre*, in *Rendic. dell'Istit. Lomb.*, classe di Sc. matem. e natur., serie II.ª, Milano, 1868, vol. I, p. 34; — id. *Le stelle cadenti*, Milano, Treves. 1873; id. *Sulla Relazione fra le comete, le stelle cadenti e i meteoriti*. in *Memorie dell'Ist. Lomb.*, classe di Scienze, ecc. serie III, vol. III, 1873, p. 145: — DAUBRÈE A., *Les pierres tombées du ciel.*, nel period. *l'Astronomie del* FLAMMARION, Ann. II, 1883, pag. 41 e 81; — FLAMMARION C., *D'ou viennent les pierres qui tombent du Ciel?*, ivi, II, 1883, pag. 120; — HIRN, *Phénomènes dus à l'action de l'atmosphère sur les étoiles filantes*, ecc. ivi, II, 1883, pag. 206 e 251; — *Bullettino Metereologico dell' Osservatorio di Moncalieri*, dir. dal P. FR. DENZA, 1865-1880; — *Bollettino Mensuale* dir. dallo stesso, id. 1880-81, 1881-82, 1882-83; —*Annuario scient. ed ind.*, Anno I, 1854, pag. 16; Anno II, 1865, pag. 19 e 31; Anno III, 1863, pag. 37; Anno V, 1868. pag. 68; Anno VII, 1870, pag. 46; Anno VIII, 1871, pag. 1; Anno IX, 1872, pag. 105; Anno X. 1873, pag. 28; Anno XII, 1876, pag. 36; Anno XIII, 1877, pag. 32; Anno XVII, 1880 (quest'ultimo contiene un catalogo di radianti e di comete), pag. 30.

(2) *Étoiles filantes* dei francesi; *shooting stars* degl'Inglesi; *Sternschnuppe* (letteralmente *smoccolatura di stelle*

Digitized by Google

Son fenomeni rammentati nell' antichità ben prima di Aristotile e di Seneca, che ne esposero le principali caratteristiche, e di Plutarco, che, contrariamente ai suoi contemporanei, li giudica corpi celesti cadenti sul globo (1); ma le descrizioni pervenutici da quelle remote età ed improntate sopratutto dallo spavento, non sono sempre sufficienti a farci conoscere la giusta natura dei fenomeni descritti. Forse il più completo ragguaglio cronologico di osservazioni di questo genere lo dobbiamo anche stavolta ai Cinesi, le cui memorie risalgono al 687 avanti Cristo e proseguono tuttodì.

La più semplice manifestazione del fenomeno delle cadenti è questa: una fiammella luminosa, simile in tutto a una stella, appare di un tratto in un punto qualunque del cielo, si move rapidamente traversando la sfera stellata, in una direzione di solito mantenuta costante, indi si spegne. Tale meteora poi non è così rara, come ce lo fanno apparire i costumi della nostra vita cittadina. Non è difficile che, in qualsiasi sera, nello spazio di un'ora essa si ripeta quattro e cinque volte e anche d'avvantaggio, senza contare quelle più vive frequenze a periodi determinati, che danno origine a delle vere pioggie di stelle cadenti, e delle quali parleremo. Più rara è invece l'apparizione di maggiori fiamme, per lo più sferiche, i *globi di fuoco* dei nostri maggiori, o i *bolidi*, come si chiamano oggidì (2); ma cospicua sia per la grandezza, sia per lo splendore della meteora, come anche per la lentezza del suo cammino, per la varia traccia luminosa che lascia dietro di sè e per lo scoppio, talvolta fragoroso, a cui sovente essa dà luogo.

Da ultimo, la scoperta di *meteoriti* o *uranoliti*, o *pietre meteoriche* non è di quelle che succeda facilmente. Senonchè le memorie storiche più antiche e le tradizioni mitologiche, favoleggiando di pioggie di fuoco, di sassi e di pietre, ci affermano la esistenza del fenomeno fin dalle prime epoche umane; mentre la geologia, mostrandoci i meteoriti

dei tedeschi; *stjernfall* degli svedesi, ecc. SENECA, nel libro I. cap. 14 delle sue *Natur. Quaestiones*, offre un'intero sistema di nomenclatura di queste meteore ignee.

(1) ARISTOT., *Meteora*, libr. I, 22; — SENECA, *Natur. Quaest.*, l.° 14; — PLUTARCHUS, *De vita Lysandri*, cap. 22. La più antica menzione di un aerolito è forse fatta nel libro di Giosuè, cap. X, v. 11. Il DALLET *Étude historique et critique sur les Étoiles filantes* in *Revue scientifiques*, III serie, I Annèe (2 sem.). N. 5,30 Juillet 1881 presenta un diffuso elenco di fenomeni di questo genere dalle epoche più remote al 1577.

(2) *Feuerkugel* dei tedeschi, *fireballs* degl'inglesi.

fossili, ce ne attesta la contemporaneità colla primissima esistenza del nostro pianeta. Anzi non poche fra tali pietre assunsero una varia celebrità religiosa, o storica, o aneddotica, o criminale, come il Palladio di Troja, la Caaba della Mecca o la pietra di Egospotamos tutte cadute dal cielo, o quella, che cadendo in Milano nel 1654, colpì ed uccise un frate francescano (1).

Ma la importanza scientifica delle varie meteore non risale molto anteriormente al nostro secolo e forse la data più importante pel loro studio può ritenersi quella della grande pioggia di stelle che l'Humboldt e il Bonpland poterono contemplare da Cumana sulle Ande la notte del 12 novembre del 1799. Fu da quel momento ch' esse cessarono di apparire fenomeno accidentale o puramente atmosferico, come la loro ricomparsa del 1833, osservata dall'Olmstedt a Newhaven, mise fuor di dubbio la loro periodicità. Quindi una copia d' indagini e di studi sistematici e da ultimo il risultamento di una serie di conclusioni del più alto valore per la conoscenza del cosmo.

Già fino dalle prime osservazioni si era dovuto riconoscere che le stelle *cadono* dal cielo, cioè lo traversano con moto discendente rispetto all'orizzonte del luogo donde si contemplano, poichè non se ne sono mai vedute moversi dal basso all'alto, quantunque talvolta le loro trajettorie sembrino assai inclinate sull'orizzonte e dieno financo l'idea che lo percorrano traversandolo da due plaghe opposte. Il più delle stelle non lasciano traccia, ma talvolta le segue una leggiera striscia luminosa, che non si può sempre spiegare con la persistenza dell' impressione prodotta sulla retina.

Lo *splendore* loro è per lo più mite: poche son quelle che vincono le stelle più splendide, sicchè, sopra 100 delle filanti, circa 3 superano le stelle di 1.ª grandezza, 12 le pareggiano, 20 eguagliano quelle di 2.ª, 26 quelle di 3.ª e 39 quelle di 4.ª, o stelline di minore grandezza. Molte poi sono telescopiche, e traversano talvolta inopinatamente il campo dei cannocchiali, senza che se ne possa tener nota.

I *colori* predominanti nelle cadenti sono il bianco e il giallo, meno frequenti l' aranciato e il rosso, rarissimo il verde. Ve n'hanno di cangianti, durante il tragitto, fors'anco in causa delle diverse densità e dello stato igro-

(1) HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. I, pag 157.

Digitized by Google

metrico degli strati atmosferici, che traversano. Esaminate allo spettroscopio, palesano tutte uno spettro assai somigliante a quello delle comete.

Uno dei primi quesiti, che sorsero a loro riguardo, fu quello dall'altezza dalla quale cadono, o almeno dalla quale sembran cadere.

Fu sul finire del secolo scorso, e precisamente nel 1798, che due studenti di Gottinga, il Benzenberg e il Brandes, trovarono il vero modo per misurare l'altezza, dalla quale si rendevano visibili le stelle cadenti. È desso un'altra applicazione del metodo che si segue per misurare la distanza di un punto inaccessibile, e di cui tenemmo parola (1). Analogamente per l'altezza, due o più osservatori si collocano contemporaneamente a notevole distanza uno dall'altro, cioè circa a 200 o 300 chil., e traguardano il punto del cielo al quale sembra corrispondere il principio della caduta della stella. Una semplice risoluzione di triangoli dà quindi l'elevazione di quel punto. È in questa guisa che si determinarono varie di tali altezze del 1798, nel 1823, nel 1838, e più di recente a Berlino nel 1867, e fra Civitavecchia e Roma pochi anni or sono dal Secchi.

Tralasciando di riferirci alle prime determinazioni, che variavano nel fissare l'altezza media del punto di partenza delle stelle fra 68 e 943 chil., ecco quale essa risultò ai più diligenti osservatori di tale fenomeno:

		Al principio dell'osserv.	Alla fine dell'osserv.
A. Herschel.	N.° delle osserv.	178	210
	Alt. in chilom. .	113	87
Newton . . .	N.° delle osserv.	234	290
	Alt. in chilom. .	118	81
Secchi	» » »	120	80

Però non è difficile che si scorgano delle filanti anche a 200 e a 220 chilom., e in rari casi anche oltre i 400; ma il maggior numero si mostra intorno ai 60 o ai 70 chilom., e le più belle alquanto più in alto; mentre d'ordinario si spengono a 30 chilom. circa, ed eccezionalmente, anche a minore altezza, cioè a circa 8 o 10 chilom. Il caso del Behrmann, che ne vide passare traverso una densa nuvola, è quindi discutibile.

Conoscendo l'altezza del punto di partenza e di quello d'arrivo, e la inclinazione della traiettoria, è facile conoscere la lunghezza del cammino percorso, e quindi basta prender

(1) V. a pag. 30 di quest'opera.

nota del tempo impiegato a percorrerlo, per aver presente la velocità con cui avviene il movimento di discesa.

Tale velocità (1) può variare fra i 12 e i 72 chilom. al minuto secondo, mostrandosi massima al principio, minima al termine della corsa, dov' essa è ridotta ad 1 chilom. od 1 $^1/_2$ al secondo, cioè ad una velocità appena doppia o triplice di quella della palla da cannone. La velocità iniziale relativa di consueto sorpassa quelle di qualsiasi corpo planetario, cominciando da Mercurio, che percorre oltre 47 chilom. e $^1/_2$ al secondo.

I *bolidi* non differiscono sostanzialmente dalle stelle cadenti (2). Hanno però una *grandezza* apparente notevole, spesso eguale, se non superiore, a quella di Venere e di Giove nelle loro fasi maggiori, e qualche volta tale da avvicinarsi a quella della luna, epperciò un *diametro* tale che in qualche caso si potè stimare non inferiore a 2 o 3 mila metri (quello dei bolidi del 19 marzo 1718 e del 27 ottobre 1844), ma che di solito si può valutare appena a 100 o 200 m. Quello d'Orgeuil del 14 maggio 1864, e quello di Lugo

(1) S'intende la velocità *relativa*, dacchè la velocità *assoluta* corrisponde a circa 42 chil. al secondo, cioè quella di un corpo che segue una trajettoria parabolica. Siccome la velocità della Terra nel suo movimento di rivoluzione è di c.ª 30 chil. al secondo, per avere la velocità relativa della stella filante, bisogna aggiungere o sottrarre questa velocità dalla velocità assoluta di quella, o altrimenti cavare una componente fra le due velocità, a secondo che le filanti incontrano la Terra, o la raggiungono inseguendola, o vi cadono sopra lateralmente al suo movimento.

(2) I principali argomenti addotti da quegli scienziati che negano la identità dei bolidi e quindi dei meteoriti colle stelle cadenti, si possono riassumere nei seguenti punti: 1. differenza nelle apparenze luminose ed acustiche; 2. differenza nello stato della materia che li costituisce, essendo impossibile che, qualora le stelle cadenti fossero solide, si disperdessero nello spazio senza lasciar traccia di sè; 3. diversità nel periodo di maggiore frequenza, dappoichè nelle stelle cadenti essa è massima al mattino e negli ultimi mesi dell'anno solare, mentre i bolidi son più frequenti la sera e cadono con pari frequenza lungo l'intero anno; 4. il fatto che i meteoriti non si moltiplicano durante le pioggie delle stelle cadenti; 5. finalmente la forma della trajettoria seguita, che nei bolidi pare iperbolica e nelle stelle cadenti parabolica.

Le due prime obiezioni non hanno molto valore. Le differenze di aspetto e di suono possono provenire da molte circostanze: densità dell'aria, velocità, distanza, ecc., e queste possono produrre benissimo la dispersione della materia, che si deve ritener solida anche nelle filanti, non essendo conciliabile la loro traversata nell'atmosfera collo stato gasoso. La frequenza dei bolidi, maggiore la sera che non il mattino, è un argomento a favore della identità, poichè, come vedremo, la velocità di movimento è minore la sera e allora i fenomeni luminosi e acustici hanno più campo di manifestarsi a nostra portata. Nulla prova poi la uniforme distribuzione della caduta dei bolidi lungo l'anno, anzi pare che adesso s'inclini a ritenere ch'essi seguano i periodi di frequenza delle cadenti. Forse il più solido argomento contro l'identità è la differenza delle orbite, sepp're l'istantaneità dell'apparizione permette che si possano determinare con sicurezza elementi così delicati.

Digitized by Google

(Vicenza) del 6 marzo 1882, si stimarono di un diametro non inferiore a 4 o 500 metri.

La *luce* dei bolidi è brillante, in modo talvolta da illuminare, come se fosse giorno, il territorio circostante. Di tal genere sarebbero stati i due grandi bolidi, osservati in Germania nel 1861 e nel 1863, e quello descritto dal Zezioli di Bergamo. La sera del 5 settembre 1868 quest'ultimo traversò da levante a ponente tutto l'emisfero visibile, impiegando nel tragitto 15 o 20 secondi e lasciando larga e persistente traccia luminosa dietro di sè. Dalle indagini fatte, risulterebbe che, acceso allo zenit di Belgrado, esso si spegnesse circa a metà della Francia e fosse visibile lungo i bacini del Danubio e del Po, nella Svizzera e nella Francia. Efficace e bella ci sembra la descrizione di quello dell'11 agosto 1353, censervataci dalla Cronaca di Matteo Villani (1):

« A dì 11 del mese di agosto, tramonto (2) il sole nella prima ora, si mosse da mezzo il cielo fuori del zodiaco un vapore grande infocato sfavillante, il quale scorse per diritto di levante in ponente, lasciando dietro un vapore cenerognolo traendo allo stagneo, steso per tutto il corpo suo, e durò nell'aria valicato il fuoco lungamente; e poi cominciò a raccogliersi a onde a modo di una serpe; e il capo grosso stette fermo ove il vapore mosse, simigliante a capo serpentino; e il collo digradava sottile, e nel ventre ingrossava e poi assottigliava, digradando con ragione infino alla punta della coda; e per lunga vista si dimostrò in propria figura di serpe, e poi cominciò a invanire dalla coda e dal collo, e ultimamente il corpo e il capo venne meno, dando di sè disusata vista a molti popoli. Altro non ne sapemmo di sua influenza a scernere » conclude il buon cronista, naturalmente dominato dalle idee del suo tempo « che diminuzioni d'acque, perocchè quattro mesi interi stette appresso senza piovere ».

Finalmente uno dei più grandiosi fra i recenti fu quello già accennato di Lugo del 6 marzo 1882, visto in tutta l'Italia settentrionale e specialmente nel Veneto e che venne accompagnato da varî notevoli fenomeni, fra i quali una detonazione assai fragorosa (3).

La luce dei bolidi differisce da quella delle stelle cadenti solo per vivezza ed intensità. Di solito gli osservatori la paragonano a quella del magnesio o alla luce elettrica; però è varia di tinta, rossa, gialla ed anche verde e cangiante. Lo stesso puossi dire della striscia luminosa che lascia dietro di sè, striscia, che colle ondulazioni in essa prodotte dall'atmosfera, palesa la propia materialità, e non una semplice illusione del nostro occhio, e che presenta una persistenza variabile da pochi minuti ad oltre un'ora di tempo.

L'altezza, nella quale i bolidi si son visti accendersi, varia da 100 a 400 e anche 500 e più chilom., e quella in cui si spengono può esser anche soltanto di 12 o 15 chilometri. Sembra che essi percorrano il loro tragitto con una velocità apparente assai minore di quella delle stelle cadenti; però dai calcoli fatti, l'Herschel, in seguito all'esame di 66 meteore, ne dedusse una velocità media di movimento eguale a circa 55 chilom. al secondo (1). Va ancora notato che alcuni fra essi realmente procedono tanto adagio che la velocità del loro cammino non supera i 4 o 5 chilom. nella medesima unità di tempo (2).

Di solito il loro scomparire è accompagnato da una *detonazione* più o meno fragorosa, più o meno complicata di rombi e di altri fenomeni acustici, talvolta tanto potente da produrre tremito nel suolo. Questo fenomeno può succedere anche all'altezza di un centinaio di chilometri; ma ordinariamente ha luogo più in basso, e allora accade che esso venga in qualche caso accompagnato da scoppio di frammenti minerali, che costituiscono i così detti *meteoriti* o *pietre meteoriche* (3). Fenomeni di questo genere sono stati avvertiti centinaia di volte; ma i fatti accertati non comprendono tutte le comparse di bolidi state segnalate, che salgono ormai ad oltre 1500, come questo numero è ben lungi dal comprendere tutte le apparizioni

(1) *Croniche di Giovanni Matteo e Filippo Villani*, ecc. Vol. II, Trieste, Lloyd austr. 1858. pag. 108. *Cronica di Matteo Villani*, L. IV., cap. 74.

(2) Per *tramontato*.

(3) Almerigo da Schio, *Il Bolide del 6 marzo 1882* in *Boll. mens. dell'Osservat. di Moncalieri*, Serie II, Anno II, 1882. p. 97, 122, 147 e 169. Importante per il numero dei pezzi raccolti e forse per la mole (c.a 200 chilogr.) fu l'uranolite di Alfianello (Verolanuova, Brescia) caduto a 16 febbraio 1883 e del quale si trovano dei pezzi nei musei di Padova, di Bologna (in quest'ultimo per non meno di 25 chilogrammi) e altrove. V. Nota del P. Denza nel period. l'*Astronomie* del Flammarion, Anno II, 1883. luglio, p. 265.

(1) Due fra le più grandi velocità dei bolidi sarebbero quelle del bolide scoppiato il 14 giugno 1877 fra Bordeaux e Angoulême, di 68 chilom. al secondo, e quello del 5 settembre 1868 (Mettray, Indre-et-Loire), di 88 chilom. al secondo.

(2) Ecco alcune delle minime velocità riscontrate:

Bolide del 19 marzo 1718	chil.	2.7
» » 14 dicem. 1807	»	4.5
» » 13 marzo 1676	»	5.0

(3) Adesso raccolte assai diligentemente nei principali musei d'Europa, specialmente in quelli di Parigi, Londra e Vienna. Nel 1874, circa, il Museo di Londra conteneva 307 campioni di meteoriti, di circa 200 dei quali era stata vista la caduta. Al gennaio 1883 il Museo nazionale di Parigi conteneva una numerosissima raccolta del peso complessivo di 2131 chilogr. e spettante a 317 cadute

Digitized by Google

che realmente avvengono e che il Daubrée non si perita a far salire a meno di 6 o 700 all' anno. Ancora, non mancano dei casi di pietre meteoriche cadute senza accompagnamento di fenomeni luminosi, come si av vertì all'Aigle presso Alençon nel 1803, a Mülhouse nel 1843 e nel caso del bolide di Alfianello, il 16 febbraio 1883.

La luminosità delle stelle cadenti e dei bolidi, come pure la detonazione e lo scoppio di questi, naturalmente sono fenomeni, la cui origine si deve ripetere da un notevolissimo sviluppo di calorico, determinato dalla velocità di cammino delle meteore attraverso la nostra atmosfera. Un tempo si reputava (e forse, almeno da alcuni, si continua a credere anche oggidì) che tale riscaldamento provenisse, come la pensava il Chladni (1794), dall'attrito che tali corpi esercitano sull'aria che traversano. Tuttavia già il Benzenberg, fin dal 1811, accennava, e più tardi nel 1854 il Regnault e poscia altri dotti dimostravano, come l'enorme inalzamento della temperatura, che ha luogo in tale circostanza, e che si fa in qualche caso salire a 70 e più mila gradi, più che all'attrito, debba essere attribuito alla straordinaria pressione, alla quale viene assoggettata l'aria. Il bolide penetra nell'atmosfera con tale velocità da superare di gran lunga l'elasticità dell'aria, quindi le molecole di questa non arrivano in tempo a trasmettere il movimento agli strati contigui. Ne avviene che sul davanti del bolide l'aria rimane compressa analogamente a quanto avverrebbe se esso procedesse per un tubo, e con questa differenza che le pareti del tubo, in questo caso costituite di aria, una volta passato il bolide, per naturale espansione si precipitano a riempire il vuoto da esso lasciato. Perchè questa compressione abbia luogo, sarebbe sufficiente, almeno secondo il Regnault, una velocità di movimento non molto maggiore di quella del suono (m. 340 circa al secondo): ora ci è noto di quanto maggiore sia quella dei bolidi.

Effetti naturali e prove della compressione e del conseguente inalzamento di temperatura sono: 1.° la fusione superficiale del bolide; 2.° la viva luce a cui dà luogo lo sviluppo e l' accensione di gas così altamente riscaldati; 3.° l'asportazione da esso di particelle incandescenti, che formano poi i solchi o le striscie luminose consecutive al fenomeno; 4.° il procedere del bolide sovente a zig zag; 5.° il suo dividersi in parti e in frantumi; 6.° il fruscìo che accompagna non di rado la sua traversata e che dai Cinesi è paragonato allo strepito di una stoffa che si laceri; 7.° le detonazioni e gli scoppi ai quali dà luogo.

Una secondaria conseguenza del fenomeno è anche questa, che il bolide, col perdere costantemente dei frammenti, sia per divisione, sia per confricazione, va costantemente diminuendo la sua massa. Deve quindi con ciò arrivare un istante, in cui esso non può più resistere alla stessa pressione atmosferica che generò; quindi un rallentamento nel suo procedere e una consecutiva reazione dell'aria compressa, che dovrà ricacciarlo all'indietro, e ancora espandendosi improvvisamente, produrre essa medesima, probabilmente, la detonazione. È allora che certi frammenti, così rigettati in senso inverso al movimento del bolide, perdono della loro forza e arrivano sul suolo con una velocità notevole sì, ma pure assai minore di quella di cui sarebbero dotati se avessero continuato senza ostacoli il loro cammino. Si può anche credere che la maggior massa del bolide sempre non tocchi il suolo, ma continui la sua trajettoria attraverso gli spazî.

Tali frammenti (1) di solito cascano ancora scottanti senz'essere più incandescenti, e si trovano dispersi sopra spazî terrestri di figura ordinariamente ovale od ellittica, aventi un diametro di 10, 12 ed anche 20 e più chilometri. La superficie occupata dalla sessantina di pezzi caduti ad Orgeuil presentava un asse maggiore lungo circa 20 chilom.; quella delle 3 migliaia di frammenti precipitati a l'Aigle nel dipartimento dell'Orne era lunga non meno di 12 chilometri Qualche volta i frammenti penetrano nel suolo per quanto duro e consistente; ma spesso l'urto stesso li riduce in minuzzoli; quindi le località più opportune per trovarli intatti sono i vasti campi di neve delle Alpi o delle regioni fredde.

È raro imbattersi in roccie meteoriche molto grosse; fatto che contrasta colla grandiosità dei fenomeni luminosi ed acustici, ai quali i bolidi, che le generano, dan luogo. Le più grosse che si conoscano sono: un meteorite trovato al Brasile e giudicato del peso di 7000 chilogr.; un secondo, pure brasiliano (Santa Caterina), del peso di 2250 chilog., e finalmente quello di Charchas nel Messico, che ne pesa da 7 ad 800. In generale i più grossi campioni delle solite cadute pesano 8 o 10 chilogr., e il peso ordinario dei frammenti si riduce a qualche centinaio di grammi.

È curioso che si sia segnalata una specie di

(1) Vedine qualche esemplare rappresentato dalle figure 124, 125, 126 e 127.

Digitized by Google

distribuzione geografica nella caduta dei bolidi. I paesi favoriti per ciò sono specialmente le due Americhe, e, in Europa, l'Italia settentrionale e la Francia meridionale; nell'Asia, le Indie inglesi.

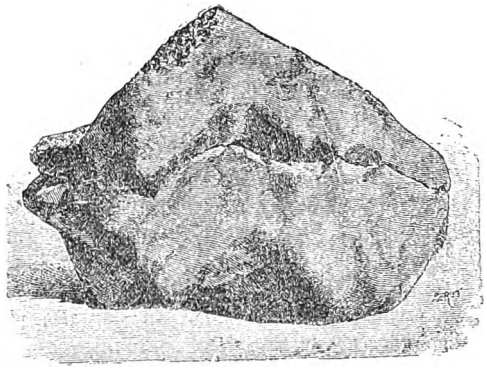


Fig. 124. Meteorite caduto a Pultusk (Varsavia), il 30 gennaio 1868.

Le bombe meteoriche, che cadono *intiere*, sono rivestite per circa 1 millimetro da una specie di crosta più o meno levigata, qualche volta lucida

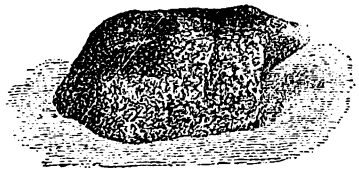


Fig. 125. Uno dei 3000 aeroliti caduti a l' Aigle (Orne) nel 1863.

a guisa di vernice, evidentemente prodotta da una rapida fusione. I frammenti invece han forma di

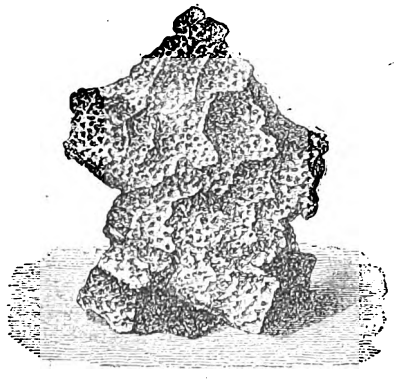


Fig. 126. Aerolite trovato in Chill nel 1866.

poliedri irregolari a spigoli e sporgenze più o meno smussate dal calorico e dalla confricazione.

Esaminati dal mineralogista, i meteoriti si dovettero tosto dividere in due categorie: quella dei *ferri meteorici* e quella delle *pietre meteoriche*; ovvero aeroliti *metallici* e aeroliti *lapidei* o *litici*. La distinzione si basa in gran parte sull'aspetto esteriore: i primi presentano colore e frattura metallica; i secondi hanno l'apparenza di una materia pietrosa, opaca e grigiastra, pari a quella di molte fra le comuni roccie terrestri. Vi sarebbe ancora un numero di aeroliti, che somigliano a una lignite terrosa o a una torba compatta, e finalmente le polveri meteoriche.

Un esame più diligente diede origine ad una ulteriore divisione sistematica, basata specialmente sulla maggiore o minore quantità di ferro che i pezzi contengono, e sul modo col quale esso vi si trova distribuito (1).

Sottoposti all'analisi chimica, i meteoriti mostrarono specialmente copioso in essi il *ferro*, il *silicio*, l'*ossigeno*, e poscia il *magnesio* e il *nichel*, quindi il *cobalto*, il *cromo*, il *manganese*, il *titanio*, lo *stagno* e il *rame*, l'*alluminio*, il *potassio*, il *sodio*, il *calcio*, l'*arsenico*, il *fosforo*, l'*azoto*, traccie di *cloro*, lo *zolfo*, il *carbonio* e l'*idrogeno*.

L'analisi chimica dunque ha mostrato la presenza negli aeroliti di parecchi fra i corpi che si trovano sul nostro globo e specialmente abbondanti il ferro, il silicio e l'ossigeno tanto diffusi sulla Terra. Invece la composizione mineralogica

(1) Secondo il Daubrée, gli aeroliti si distinguono in: 1.° *sideriti* (che contengono ferro allo stato metallico), 2.° *asideriti* (che non contengono ferro allo stato metallico). Le *sideriti* abbracciano: *a*) le *olosideri* (che sono prive di materie pietrose; hanno una densità da 7 ad 8; esemplare il meteor. di Charchas nel Messico); *b*) le *sissideri* (nelle quali il ferro si presenta sotto la forma di una massa continua; hanno una densità da 7.1 a 7.8; esemplare il meteor. di Rittersgrünn); *c*) le *sporadosideri* (nelle quali il ferro si presenta in granuli disseminati; si dividono alla lor volta in *polisideri*, cioè ricche di ferro, come l'esemplare della sierra di Chaco e aventi la densità da 6.5 a 7.0 *oligosideri* e *criptosideri*, nelle quali varietà il ferro è scarso

Fig. 127. Aerolite caduto ad Orgueil il 14 maggio 1864.

o non rilevabile alla vista, e aventi la densità da 3.1 a 3.8; un esemplare sarebbe l'areolito di Aumale). Le *asideriti* non presentano sotto gruppi, hanno la densità delle nostre roccie, cioè da 1.9 a 3.0 e uno dei loro più belli esemplari sarebbe fornito dai meteoriti d'Orgueil (Fig. 127).

Digitized by Google

in essi predominante non corrisponde alle roccie più abbondanti sul globo: non vi si trova nessuna delle roccie sedimentari, nè calcari, nè arenarie, e nemmeno granito, gneiss, quarzo o roccie della stessa famiglia. Per trovare sulla Terra dei minerali analoghi a quelli che costituiscono gli aeroliti, giova discendere alle roccie infragranitiche cioè ai silicati basici, che costituiscono verosimilmente il nucleo più interno del nostro globo.

Ma, mentre non si riscontrò negli aeroliti verun corpo straniero al nostro globo; essendo stato trovato in alcuni fra essi il carbonio in istato di combinazione coll'ossigeno e coll'idrogeno, analogamente a quanto avviene sul globo in seguito a decomposizione di materie vegetali, si credette di poterne inferire l'esistenza della vita sui corpi, ai quali quei frammenti aveano appartenuto (1). La congettura però finora non ha fondamento sufficiente per essere senz'altro accettata (2).

Da ultimo, l'esame litologico accurato dei meteoriti permise di riconoscere nelle roccie, talvolta conglomerate, che li compongono, una specie di rapporto *di posizione*, in modo che certi minerali stanno sempre disposti accanto a certi altri, lasciando presumere fra alcuni gruppi di meteoriti una relazione stratigrafica e quindi la loro pertinenza ad un corpo comune (3).

Così passati in rassegna i diversi fenomeni che vengono presentati dalle varie meteore, si dovrebbe rispondere al quesito della loro provenienza.

A lungo esse si reputarono fenomeno puramente terrestre e originato dalle esalazioni dell'atmosfera, dove si formavano e si scioglievano, ovvero reiezioni dei vulcani terrestri, e da ultimo anche prodotti dei vulcani lunari (4). Quest'ultima idea, più che da tutti

(1) Di tali meteoriti carboniosi si posseggono dei pezzi spettanti a solo cinque cadute: quella di Alais (Gard) del 1803; quella del Capo di Buona Speranza del 1838; quella di Kaba (Ungheria) del 1857; quella di Charleston (Carolina del Sud) del 1859; e finalmente quella di Orgeuil (Tarn e Garonne) del 1864.

(2) Essa troverebbe appoggio in una recente scoperta dell'HAHN (*Die meteorite und ihre organismen*, Tubingen 1881), secondo la quale i meteoriti siliciferi contengono dei coralli microscopici di diverse specie. È basandosi su queste considerazioni che parecchi scienziati attribuirono ai meteoriti la funzione di diffondere la vita nell'universo.

(3) Confronta specialmente le memorie e le note presentate dal Meunier (S) all'Accademia di Francia e pubblicate in *Comptes rendus*, ecc. T. LXXII, 1871, pag. 111, 125, 183.

(4) Il Flammarion (*D'ou viennent*, ecc.) riassume nelle seguenti le ipotesi emesse sulla provenienza delle pietre meteoriche. Si suppose che potessero essere: 1.° proiettili lanciati dai vulcani lunari; — 2.° reliquie di mondi disperse nello spazio e incontrate dalla Terra; — 3.° sciami di materie analoghe alle correnti elittiche delle stelle filanti; — 4.° frammenti di un pianeta infranto; — 5.° avanzi della materia cosmica primitiva; — 6.° derivazioni di eruzioni vulcaniche terrestri. — L'autore poi si pronuncia come segue: — la maggior parte delle pietre che cadono dal cielo possono essere provenienti dalla Terra medesima ed essere state lanciate nello spazio dalle primitive eruzioni vulcaniche.

i ragionamenti, venne atterrata dalla circostanza della famosa meteora caduta in Olanda nel 4 marzo 1863. Essa arrivò sulla Terra come provenisse dalla Polare o dalle sue vicinanze, con una velocità di quasi 68 chilom. al secondo, mentre la luna, dalla quale il bolide (se fosse caduto con moto rettilineo) avrebbe dovuto partire un'ora e mezzo prima, era distante dal polo boreale celeste non meno di 94 gradi.

Ma la provenienza terrestre delle meteore di cui ci occupiamo, venne, più che da altro, esclusa dai periodi di loro frequenza e dalla forma dei loro radianti.

Un quadro, che riassume quattro anni di osservazioni praticate da Giulio Schmidt in Atene, ci dà questa media frequenza delle stelle cadenti nei varî mesi dell'anno (1):

	Stelle cad.		Stelle cad.
gennaio. .	115	luglio . . .	278
febbraio .	73	agosto. . .	1028
marzo . .	84	settembre.	195
aprile. . .	67	ottobre . .	439
maggio. .	61	novembre.	367
giugno . .	69	dicembre .	175

e nelle varie ore della notte:

	Stelle cad.		Stelle cad.
ore pom. 6-7 .	34	ore ant. 12-1 . .	349
7-8 .	52	1-2 . .	401
8-9 .	155	2-3 . .	441
9-10 .	194	3-4 . .	441
10-11 .	239	4-5 . .	232
11-12 .	290	5-6 . .	123

Le due precedenti tabelline mostrano all'evidenza che le stelle non cadono in eguale numero lungo tutto l'anno e, nemmeno nelle varie ore del giorno. In nessuna notte mancano affatto, ma vi sono per esse delle epoche di maggiore frequenza. Questa considerazione fece distinguere le stelle secondo la ricorrenza in *quotidiane* e *mensili*, e, tenendo conto delle due stagioni di loro più viva frequenza, in *estive* ed *autunnali*. La mas-

(1) Frequenza dei bolidi secondo l'Arago (CHAMBERS, pag. 790):

gennaio . . .	55		
febbraio . . .	57		
marzo	48	305	
aprile	52		
maggio . . .	50		
giugno. . . .	43		
luglio	74		
agosto . . .	123		
settembre . .	64	508	
ottobre . . .	77		
novembre . .	90		
dicembre . . .	80		
Anno			813

Digitized by Google

sima frequenza di queste due ultime serie era stata avvertita cadere intorno al 10 agosto e al 13 novembre. Di più per esse si era riscontrata vera la osservazione, fatta soltanto nel 1833, cioè che tutte le stelle di una data pioggia sembravano provenire da un solo punto del cielo, il quale, rispetto alle due epoche accennate, corrispondeva, per le stelle dell'agosto, alla costellazione di Perseo e per le stelle del novembre a quella del Leone. Quindi una seconda distinzione di stelle in *topiche* o *sistematiche* e *sporadiche*, distinzione andata in disuso, dacchè si conobbe che moltissime erano, diremo quasi, le famiglie nelle quali si potevano raggruppare le varie stelle cadenti nell' anno, in ordine al punto del cielo, dal quale ciascheduna pioggia pareva provenire. Grazie all'apparenza di raggi che le direzioni delle stelle presentano, tali punti del cielo, donde i varî gruppi sembrano piovere, ebbero il nome di *radianti* (Fig. 128) (1).

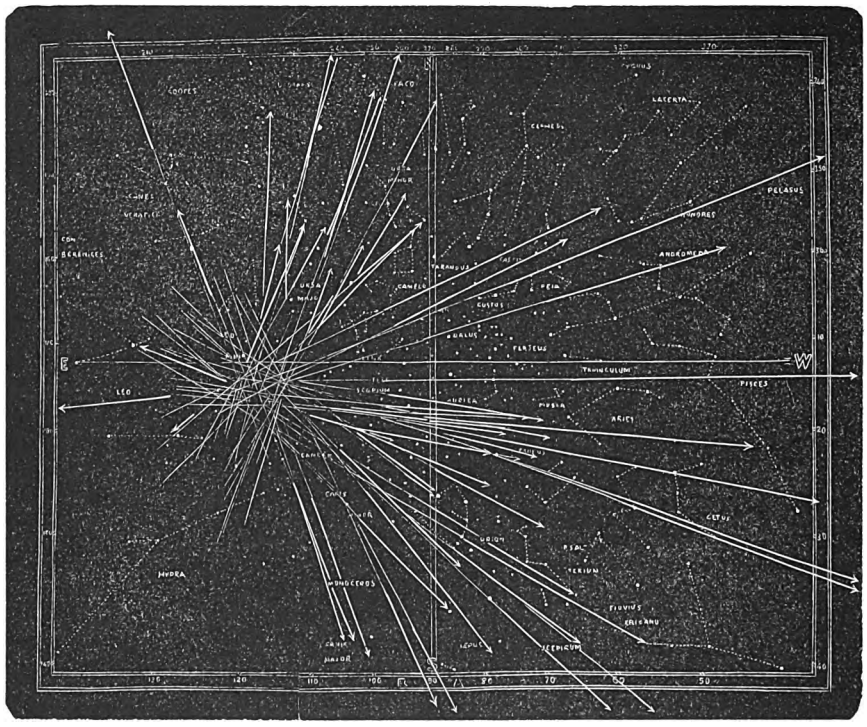


Fig. 128. Radiante delle meteore del novembre.

Le stelle veramente non mostrano di uscire da un punto unico del cielo, ma però descrivono tali apparenti trajettorie che, prolungate, andrebbero tutte a incrociarsi in un centro, dal quale sembrano divergere. Il radiante segue la sfera celeste nel suo movimento diurno ed apparisce identico anche ad osservatori posti in punti assai lontani un dall'altro sul globo. Per es. nella famosa pioggia del 1872 gli osservatori di Glascow, di Cracovia, di Atene, di Milano e di Roma, tutti videro il centro del radiante posto presso la stella γ di Andromeda. I due fatti accennati sarebbero inesplicabili qualora la sede del fenomeno fosse l'atmosfera. La partecipazione al moto diurno palesa evidente la indipendenza del fenomeno dalla rotazione terrestre; e d'altra parte la seconda circostanza mostra che la sua sede è molto lontana da noi. Ammessa tale distanza, le trajettorie delle varie cadenti dovrebbero riuscire parallele fra loro. Invece noi le vediamo sotto la forma di un radiante. Ora, per chi ben consideri, il fenomeno dell'apparente loro divergenza non è che un necessario effetto di tale parallelismo (2).

(1) Di tali radianti nel cielo settentrionale l' Heis ne annoverava 84, il Gray 77, lo Schmidt 150 e il Zezioli 189; nel cielo meridionale l'Heis stesso, dietro le osservazioni del Neumeyer ne contava 39.

(2) La curva *A B* (Fig. 129) sia la superficie della Terra, *EF* il limite superiore dell'atmosfera dove le stelle cadenti si rendono visibili, *CD* il limite inferiore in cui esse si spengono, finalmente le linee parallele oblique *mn*, *m'n'*, ecc. indichino una pioggia di stelle cadenti. Ad uno spettatore, posto in *O* che guardi detta pioggia, le linee percorse dalle varie stelle appariranno diverse una dall'altra. Per es. la retta *mn* diretta da *S* in *O* sarà esattamente sul prolungamento della sua visuale e quindi si presenterà sotto la sembianza di un punto luminoso privo di movimento; la trajettoria *m''n''*, ch'egli vedrà sotto un grande scorcio, avrà l'apparenza di una brevissima retta; e le altre più discoste a destra o a sinistra avranno sembianza di rette sempre più lunghe, finchè *m'n'* ed *m'''n'''* gli appariranno

Digitized by Google

La diversa frequenza delle stelle cadenti nelle varie ore della giornata e nelle varie epoche dell'anno, è un fenomeno esplicabile coi moti di rotazione e di rivoluzione terrestre (1). Vedemmo, per es., che nella seconda metà della notte casca un numero di stelle filanti ben maggiore che non nella prima metà, e che il maximum del fenomeno ha luogo fra le 3 e le 6 del mattino. Ecco in qual guisa ciò avviene.

Noi possiamo per un momento supporre che la Terra sia immobile nello spazio e che i corpuscoli costituenti le stelle filanti provengano da tutte le direzioni possibili con eguale velocità e senza che ne arrivi maggiore copia da una parte che dall'altra. Allora l'apparenza sarebbe affatto eguale alla realtà, cioè a noi sembrerebbe che su ciascun punto del globo in uno stesso tempo cadesse lo stesso numero di stelle. Ma se noi supponiamo, com'è di fatto, che la Terra si mova nella sua orbita, riesce facile arguire ch'essa riceverà una maggiore quantità di cadenti su quella parte della

lunghissime, perchè le vedrà quasi di prospetto. Ma questa non è la sola differenza fra le due rette $m'n'$ ed $m''n''$ e analogamente fra la serie di quelle che stanno a destra

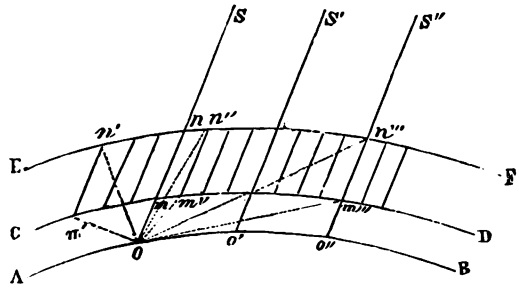


Fig. 129. Direzione reale delle stelle cadenti.

e la serie di quelle che stanno a sinistra della retta SO spettante al punto di osservazione. La trajettoria $m'''n'''$ per lo spettatore apparirà come una stella discendente da sinistra verso destra, mentre la retta $m'n'$ apparirà come retta discendente da destra verso sinistra, cioè entrambi sembreranno divergere da un punto comune S. Analogamente accadrà per le altre trajettorie che la figura 129 presuppone sopra un solo piano. Estendendo la supposizione a un giro intero d'orizzonte, la conseguenza di una figura a raggi riesce troppo evidente e logica; come riesce evidente che per lo spettatore posto in O' ovvero in O'' il fenomeno si ripete identico. Per quest'ultimo il radiante avrà il suo centro in S''; ma la visuale condotta da O'' in S'' riuscirà sensibilmente parallela alla OS ed egli quindi vedrà proiettato tale centro nell'istesso punto del cielo in cui lo vede lo spettatore posto in O. Dal ragionamento fatto risulta spiegata: 1) l'identità del radiante; 2) la diversa lunghezza delle trajettorie; 3) la forma del radiante medesimo.

(1) Non ci sembra superfluo rammentare, a questo proposito, come si distingua tra frequenza *reale* e frequenza *apparente* delle stelle filanti. Quest'ultima subisce la influenza di varie circostanze: luce crepuscolare e diurna, chiaro di luna, nebbie e nubi, e consimili. Così, mentre le ore fra le 6 e le 8 pomeridiane e fra le 4 e le 6 antimeridiane, nell'autunno e nell'inverno mostrano discreta frequenza di stelle, nella primavera e nell'estate non ne mostrano esempio, unicamente perchè corrispondono ad ore diurne ed illuminate dal sole.

sfera che è posta *sul davanti*, vale a dire su quella che è posta nel verso dell'*apex*, cioè del punto del cielo al quale è diretto il moto della Terra nello spazio. Ora qual'è questa parte *davanti* della Terra? Sia $a\ b\ c\ d$ (Fig. 130) la Terra, che riceve la

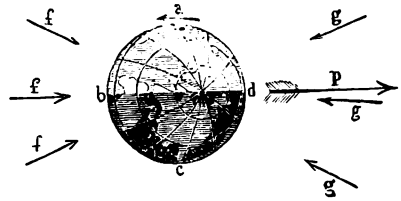


Fig. 130. La Terra e le stelle filanti.

luce dal sole posto in alto, in modo che l'emisfero $d\ a\ b$ ha il giorno, e l'emisfero $b\ c\ d$ la notte. La Terra ruota intorno al proprio asse nella direzione della piccola freccia a, mentre la direzione dell'*apex* è data dalla freccia p. Il *davanti* della Terra, sarà rappresentato dal culmine della curva $c\ d\ a$, cioè da quelle sue parti che si trovano nelle ore del mattino, e specialmente da quelle per le quali sta sorgendo il sole. Quindi ammessa un'uniforme provenienza di stelle dallo spazio, le ore che nel mattino precedono la levata del sole saranno quelle più favorite dal fenomeno. L'ora della massima frequenza dovrebbe cascare alle 6 del mattino; ma causa la illuminazione diurna, in molte stagioni il fenomeno a quell'ora è reso invisibile.

Questa spiegazione serve anche a dar ragione della diversa velocità di caduta delle stelle nelle varie ore della notte. Supponendo sempre uniforme la provenienza delle stelle dalle varie plaghe del cielo e la loro velocità reale, tuttavia quelle che investiranno la Terra di fronte, in direzione delle freccie g (Fig. 130), e quindi con movimento *retrogrado*, appariranno arrivarvi e realmente traverseranno l'atmosfera con velocità assai grande, cioè con quella che è loro propria, sommata con quella colla quale si move la Terra; — invece quelle che si movono di moto *diretto*, nel senso stesso della Terra, rappresentato dalle freccie f, vi giungeranno quasi inseguendola e traverseranno quindi l'atmosfera con velocità notevolmente più piccola, cioè colla propria diminuita della velocità terrestre. È facile ancora comprendere come ciò influisca sulla frequenza di caduta, favorita nel primo caso, non già nel secondo.

Siccome però non si può credere ad un'uniforme provenienza delle cadenti dallo spazio, ma piuttosto a varie correnti, che lo solchino in varî sensi, queste, prescindendo dalla frequenza e dalla velocità loro proprie, appariranno più frequenti e più rapide, quanto più il centro di loro emanazione coinciderà coll'*apex* della Terra, e, per un determinato orizzonte terrestre, quanto più lo zenit di questo sarà anch'esso in coincidenza coll'*apex* medesimo.

Queste varie circostanze danno ragione delle varie frequenze e velocità delle stelle e anche della

Digitized by Google

maggiore abbondanza con cui nella prima metà della notte si segnalano i bolidi, cioè quelle meteore, che traversano l'atmosfera più lentamente; — anzi le circostanze accennate danno anche ragione della diversa distribuzione delle stelle cadenti lungo l'anno.

Avvertimmo alla importanza che presenta l'*apex* e la sua coincidenza collo zenit di un dato orizzonte, per produrre la frequenza di caduta delle stelle sull'orizzonte medesimo. Ora l'*apex*, in virtù dei moti di rotazione e di rivoluzione, si sposta continuamente nello spazio. Il lettore ormai sa come esso corrisponda allo zenit di ogni luogo alle 6 del mattino, cioè disti sempre dal posto occupato dal sole di 6 ore in tempo o di 90° in longitudine. Analogamente esso si sposterà lungo l'eclittica colle stagioni conservando sempre una distanza dal sole pari ad un arco di 90.° Quindi allorchè il sole si trova all'equinozio di primavera l'*apex* sarà al solstizio d'inverno; pervenuto quello al solstizio d'estate, l'*apex* sarà allora all'equinozio di primavera. Spostandosi lungo l'eclittica, esso si troverà ancora metà dell'anno nell'emisfero settentrionale e metà nell'emisfero meridionale. Dato che la sua coincidenza coi zenit dei varî orizzonti, favorisca la frequenza del fenomeno per questi orizzonti, avremo come conseguenza, il succedersi di stagioni di maggiore frequenza di stelle cadenti nei due emisferi terrestri, stagioni che seguiranno quelle di maggiore calore e di maggiore luce alla distanza di 90° o di 3 mesi di tempo. Le stagioni di maggior luce e calore per l'emisfero settentrionale sono la primavera e l'estate; quindi le stagioni di maggiore frequenza nelle filanti saranno l'estate e l'autunno. La stessa alternativa avrà luogo per l'emisfero meridionale (1).

Va poi avvertito come una maggiore frequenza delle stelle cadenti nella seconda metà dell'anno possa essere favorita eziandio dal fatto puramente accidentale, che dall'agosto al dicembre accade l'incontro colle copiosissime correnti meteoriche delle Perseidi, delle Leonidi e delle Andromedeidi, che, com'è ovvio capire, alterano i risultati del raffronto. Finalmente una variazione nella frequenza dovrebbe essere prodotta dalla maggiore velocità di movimento da cui la Terra è dominata durante l'epoca del perielio, che cade al finire del dicembre; senonchè, l'effetto di tale circostanza è troppo scarso perchè non rimanga assorbito da altri accidenti perturbatori del fenomeno.

Per la conoscenza e per lo studio delle stelle cadenti un'epoca di assai grande importanza fu quella del 12 novembre 1833. Quella notte accadde una pioggia di stelle veramente straordinaria, e per la copia e per la splendidezza paragonabile forse solamente (Fig. 131) a quella che circa 33 anni innanzi, cioè la notte del 12 novembre 1799, alcuni si rammentavano di aver veduto, e che era stata descritta dall'Humboldt, allora a Cumana nella Venezuela. Avvertito tale riscontro, apparve notevole il fatto che anche nel precedente anno 1832 la stessa sera del 12 novembre avea avuto luogo un fenomeno consimile, benchè in proporzioni meno grandiose. Quindi, richiamata l'attenzione a ciò, esso si vide rinnovarsi, con apparenze sempre più modeste, nel 1834 e negli anni successivi fino al 1840, sempre all'istessa data mensuale. Allora parve ridotto ai minimi termini, nè si ravvivò se non intorno agli anni 1865 e 1866.

Nel 1865 il fenomeno venne osservato in Inghilterra e in Italia, e quantunque la pioggia non fosse stata copiosa, pure essa mostrava la giustezza della previsione di un astronomo americano, H. A. Newton, che, per quell'anno o pel successivo ne avea presagito il ritorno. Questo si manifestò in forma splendidissima. A Greenwich, nella notte dal 13 al 14 novembre del 1866, non si segnalarono meno di 8500 stelle cadenti in 8 ore, e in Italia, nei momenti di maggiore frequenza, non la si stimò a meno di 5000 o 6000 stelle all'ora. In Francia apparvero meno frequenti.

Il 14 novembre del 1867 il fenomeno si presentò di nuovo in Europa, e lo stesso giorno nel 1868 ancora in America e splendidissimo, poichè le stelle osservate a Washington in 1 ora e $^1/_2$ non si fanno ascendere a meno di 30 mila. Negli anni successivi l'apparizione divenne sempre più modesta, nè si manifesterà di nuovo molto notevole prima della fine del secolo.

Nel 1866 si era anche potuto determinar bene il radiante di questa pioggia e siccome esso corrispondeva alla costellazione del *Leone*, le stelle del 13 novembre son note anche sotto il nome delle *Leonidi*. Già due anni innanzi, il Newton confrontando le grandi pioggie del 1799 e del 1833 con quelle registrate dalle cronache cristiane e che risalgono fino all'anno 902, avea creduto di concludere per un ritorno del fenomeno ogni 33 anni e $^1/_4$,

(1) Rammentando, come abbiam fatto altra volta, che l'emisfero settentrionale è quello che per ragioni naturali e storiche va da secoli fornito di osservatorî astronomici mentre nel meridionale le osservazioni regolari sono scarse anche oggi e datano da pochi anni, è facile darsi ragione del perchè generalmente si dica (e si ripeta dai soliti manuali) che il fenomeno delle filanti sia più frequente nella seconda metà dell'anno sul globo. La maggior copia di osservazioni son quelle istituite nell'emisfero settentrionale ed esse spostano il risultato dei calcoli in quel senso; ma, ad essere giusti, tale condizione di cose non si può estendere a tutto il globo. L'emisfero settentrionale (prescindendo da speciali correnti meteoriche) segnalerà maggior copia di cadenti da luglio a dicembre, il meridionale da gennaio a giugno.

Digitized by Google

nonchè per una sorta di forma anulare e chiusa dello sciame nella cui orbita penetrava la Terra, allorchè l'apparizione aveva luogo. I ricordi conservati negli annali cinesi, cominciando dall'802, appoggiavano la sua supposizione, che doveva venire indiscutibilmente confermata in appresso.

Alquanto meno splendida, ma più costante è l'altra pioggia di stelle: quella la cui apparizione era stata annunciata dal Quetelet per la notte del 10 agosto del 1867. Essa dirama dalla costellazione di *Perseo*, onde il nome di *Perseidi* alle stelle che le appartengono; riappare quasi ogni anno in quella notte;

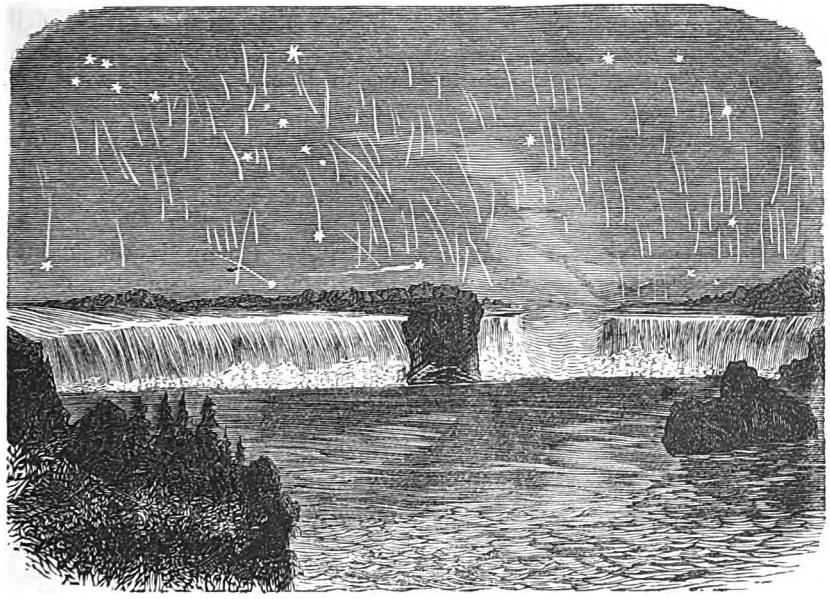


Fig. 131. Pioggia di stelle veduta sopra la cascata del Niagara la sera dal 12 al 13 novembre 1833.

ma più che un periodo di ritorni e di lacune, nella sua manifestazione si nota una serie di massimi e di minimi non molto diversi fra loro. Così sembra che il fenomeno sia andato crescendo dal 1800 al 1848, poi abbia subito una leggera diminuzione fino al 1859, quindi ancora un aumento per decrescere di nuovo dopo il 1866 e presentare finalmente un altro maximum nel 1879. Esso pure trovò riscontro nelle antiche osservazioni, specialmente cinesi, d'onde lo Schiaparelli ne dedusse un periodo di 108 anni che il Chapelas vorrebbe ridurre a 31 o 32 anni (1).

Le due pioggie precedenti offrono dunque due differenti sorta di periodicità, cioè: il ritorno ad una determinata epoca dell'anno; la riapparizione secondo un ciclo assai più lungo. Una più esatta osservazione mostrò che tale ritorno non è in relazione coll'anno *tropico* e colle stagioni, bensì coll'anno *sidereo*, offrendo così novella prova del carattere cosmico del fenomeno. Già le Leonidi, e più tardi anche altri sciami, mostrarono altresì una specie di *avanzamento* o di *retrogradazione* nell'epoca della loro apparizione, simile a quella ch'è segnalata per gli equinozî.

Da ultimo, vi sono delle pioggie, alle quali non fu possibile assegnare un periodo sicuro. Fra queste forse la più celebre fu quella notevolissima del 27 novembre 1872 e la sua celebrità si deve non tanto alla cospicuità del fenomeno, quanto alla coincidenza della sua apparizione coll'epoca, in cui doveva succedere un ritorno della cometa del Biela. Siccome già il Weiss e il d'Arrest fin dal 1867 aveano notata una certa corrispondenza tra i due fenomeni, la pioggia del 1872 trovò pronti a studiarla, in Europa ed altrove, gli osservatori che l'attendevano nei giorni precedenti al 27 novembre. Senonchè il cielo annuvolato impedì le osservazioni; e soltanto il 27, ad onta delle nubi, la pioggia meteorica potè essere osservata. Apparve meravigliosamente fitta, tanto che in certe località, in Italia, 4 soli osservatori, in una sola ora, segnalarono ben 15,000 stelle cadenti. Di questa pioggia, detta di *Andromeda* per essere il suo radiante

(1) *Comptes Rendus de l'Acad.*, Vol. XCIII, 1881, p. 353.

Digitized by Google

in tale costellazione, non si possono registrare se non due osservazioni anteriori, una del 29 novembre 1859 (Heis) e l'altra dol 30 nov. 1867 (Zezioli).

Da quando si conobbe la periodicità della corrente delle Leonidi, si pensò che essa fosse prodotta dall'esistenza di ammassi di materia meteorica disposti attorno al sole e che la Terra veniva ad incontrare ogni anno ad epoca determinata. Ciò però avrebbe portato per conseguenza che ogni pioggia di stelle avrebbe dovuto trovarsi in direzione dell'*apex* (1), il che non si verifica se non per la pioggia del novembre.

L'Olmsteedt avea quindi esposta l'idea che ognuno di tali ammassi descrivesse intorno al sole un'orbita propria, tale che in un certo punto intersecasse l'orbita della Terra. Quindi ogni apparizione era la conseguenza di un passaggio contemporaneo della Terra e dell'ammasso in quel dato punto. Tale congettura non s'accordava col grande numero di pioggie meteoriche a periodo annuale, poichè, accettandola, si doveva per tutte le stesse ammettere o un periodo annuo o esattamente summultiplo di un anno. Di più, siccome la Terra, che corre colla velocità di oltre 30 chilom. al secondo, talvolta impiega alcuni giorni a traversare uno sciame meteorico, era necessario supporre negli sciami medesimi una spessezza di parecchi milioni di chilometri e quindi una grandissima diffusione della materia che li costituisce. Quest'ultima circostanza sarebbe bastata a produrre in pochi anni la dispersione di uno sciame, soltanto in virtù delle varie attrazioni dei pianeti e del sole.

Al contrario andò sempre più accreditandosi la ipotesi che, piuttosto di ammassi nubiformi, gli sciami meteorici abbiano la forma di anelli continui sviluppati lungo le loro proprie orbite, in modo che ogni corpuscolo percorra una trajettoria pochissimo diversa dalle orbite degli altri, che con esso costituiscono lo sciame. Questa condizione è indispensabile per la esistenza di una corrente anulare, e corrisponde altresì al parallelismo avvertito nella caduta delle stelle. D'altra parte la corrente continua è sufficiente a spiegare i varî ritorni a certe epoche dell'anno, cioè appunto a quelle epoche, nelle quali la Terra investe la corrente meteorica.

Questo concetto degli anelli meteorici era stato esposto dapprima nel 1839 dall'Erman di Berlino quale spiegazione delle pioggie del novembre; ma, colpa la difficoltà di determinare alcuni elementi degli sciami e specialmente la loro velocità di movimento, appariva di difficile dimostrazione. Quindi l'Humboldt risollevava l'idea dell'Olmsteedt e del Biot, cioè di un collegamento tra il fenomeno delle stelle cadenti e quello della luce zodiacale, anzi dell'esistenza di un enorme ammasso di forma lenticolare nel quale la Terra andava ad immergersi ad epoche determinate, mentre non mancavano scienziati, che tuttavia credevano di classificare il fenomeno delle cadenti tra quelli di carattere atmosferico.

Conosciuta però la sua natura cosmica, quasi contemporaneamente, al Newton e allo Schiaparelli si svelava un fatto vitale per lo studio delle cadenti: cioè la forma parabolica delle trajettorie ch'esse descrivono (1). Da questo, fu agevole venire al confronto delle loro orbite con quelle delle comete, d'onde doveva risultare una fra le più importanti teoriche astronomiche, a cui questo secolo può vantare di aver data vita.

A dir vero, l'idea che esistesse una relazione fra le stelle cadenti e le comete era passata ancora per la mente di qualche pensatore. Ne fanno cenno il Cardano, il Keplero, il De Cesaris, e, più diffusamente, il Chladni, sul finire del secolo scorso. Ma il merito di aver nel 1861 più chiaramente posta tale congettura si deve a Daniele Kirkwood, professore nell'università d'Indiana; come quello di averla portata a vera e reale teoria si deve al Newton e allo Schiaparelli.

Già vedemmo le belle induzioni del Newton. Quando poi, sul finire del 1866, il Leverrier in Francia e lo Schiaparelli in Italia ebbero determinati gli elementi dello sciame meteorico delle Leonidi, apparve tosto mirabile la coincidenza di tali elementi con quelli della cometa del Tempel I 1866, calcolati dall'Oppolzer. Ecco un parallelo fra gli elementi delle Leonidi (secondo lo Schiaparelli) e della cometa:

(1) Vedemmo come per *apex* s'intende il punto del cielo verso il quale in un dato momento si dirige la Terra nel suo movimento di rivoluzione attorno al sole.

(1) Anche in questo caso, come in altri già da noi accennati, questa scoperta derivò dall'esame della velocità di cammino del corpo, di cui si vuole conoscere l'orbita. Difatti se l'orbita di un corpo alla distanza 1 dal sole, è parabolica, la sua velocità sta a quella della Terra come $\sqrt{2}$: 1; cioè come 1.41 : 1. Siccome la velocità della Terra nel suo moto orbitale è di c.ª 30 chilom. al secondo, perchè le cadenti descrivano un'orbita parabolica è mestieri che abbiano una velocità eguale a 30 chilom. $\times \sqrt{2}$, cioè di c.ª 42, chilom. al secondo, velocità sempre superata od almeno eguagliata da esse.

Digitized by Google

Elementi	Leonidi	Com. di Tempel I del 1866
Pass. al per.	1866, nov. 10.1	1866, genn. 11.2
Long. del perielio	56°.26′	60°.28′
» » nodo asc.	231. 28	231. 26
Inclinaz. dell'orb.	17. 44	17. 18
Distanza perielia	0. 987	0. 970
Eccentricità	0. 905	0. 905
Semigrand'asse	10. 34	10. 32
Rivoluzione (anni)	33. 25	33. 18
Direzione del mov.	retrogr.	retrogr.
Dist. afelia	19. 69	19. 67

Tenendo conto dell' incertezza, colla quale è possibile determinare gli elementi di una corrente di stelle, la coincidenza di quelli ora paragonati è troppo evidente perchè si possa dubitare che lo sciame del novembre non segua la stessa, identica strada percorsa dalla cometa (I, 1866) del Tempel, anzi che cometa e sciame non sieno parti della stessa corrente, passate al perielio a 10 mesi di distanza l'una dall'altra.

Analogamente, se si confrontano gli elementi delle Perseidi con quelli che l'Oppolzer calcolava per la splendida cometa III del 1862, si verrà per essi ad identiche conclusioni, salvo in questo secondo caso, una molto maggiore distanza fra la cometa e lo sciame. Ecco il parallelo:

Elementi	Perseidi	Cometa III 1862.
Pass. al per.	1866, lug., 23.6	1862, ag. 22.9
Longit. del per.	343°.38′	344°.41′
Longit. del nodo	138. 16	137. 27
Inclinazione	63. 3	66. 26
Distanza perielia	0. 964	0. 96
Rivoluzione (anni)	108 ?	121. 5
Direz. del movim.	retrogr.	retrogr. (1)

A queste due così notevoli coincidenze se ne unirono poscia molte altre, tanto da permettere l' affermazione, che ormai vi sieno alcune centinaja di correnti meteoriche, i radianti delle quali coincidono in modo assai significativo coi nodi di alcune comete. Quindi apparve tanto più evidente la teoria, che lo Schiaparelli esprimeva in forma popolare colle parole: « Se l'orbita di una cometa interseca in un punto l'orbita della Terra, e se la cometa arriva in quel punto colla medesima velocità e con la medesima direzione con cui vi arriva una corrente meteorica: cometa e corrente saranno astrette a percorrere la medesima orbita intorno al sole, si troveranno associate fra loro in modo indissolubile, e vi sarà fra l'una e l'altra una relazione dipendente dal modo con cui si generano le une e le altre ».

Tale teoria ebbe poi una decisiva conferma dalla osservazione della splendida corrente meteorica del 27 novembre 1872, che già menzionammo. Confrontati con quelli della cometa del Biela dopo la sua divisione, ecco quali ne apparvero gli elementi:

Elementi	Andromedeidi	Com. di Biela (spezzata) 1ª.	2ª.
Passaggi	1872, novembre, 27	1852, 22 sett. 17.ore14m.	id. 22.ore51m.
Long. del per.	108°.55′	109°. 5′	108°. 58′
» » nodo	245. 55	245. 50	245. 58
Inclinaz. dell'orb.	15. 11	12. 38	12. 34
Distanza perielia	0. 854	0. 860	0. 861
Semigrand'asse	—	3.6	
Rivoluzione (anni)	—	6. 59	6 .63
Direz. del movim.	diretto	diretto.	

Già avvertimmo come la cometa del Biela fin dal 1846, fosse stata veduta divisa in due parti, le quali, alla lor volta vennero osservate nel 1852, ma non già nei presunti ritorni successivi. Essa poi può in date circostanze approssimarsi di molto alla Terra, dacchè questa taglia la sua orbita ogni anno verso la fine del novembre, cioè appunto all'epoca in cui cade la pioggia d'Andromeda. Aggiungasi che fra le straordinarie pioggie meteoriche del 6 dicembre 1798 e del 6 dicembre 1838 corre un periodo eguale a 6 volte circa il periodo che allora spettava a quella cometa. Da queste e da altre circostanze, gli astronomi arguirono che anche fra la cometa del Biela e la corrente del 27 novembre esista una connessione analoga a quella riscontrata rispettivamente tra le Leonidi e la cometa del Tempel (I, 1866), e le Perseidi e la cometa III del 1862. Una connessione analoga: non già che la corrente delle Andromedeidi debba ritenersi quale il prodotto del recente sfacelo della cometa di Biela. Questa, presumibilmente, passava al perielio il 22 settembre, vale a dire 83 giorni prima dello sciame; quindi all'epoca del passaggio di questo si

(1) V. nella fig. 132 le orbite seguite rispettivamente dalle due comete e dalle due correnti meteoriche.

Digitized by Google

trovava discosta da noi quasi 190 milioni di chilometri. Ammesso che la corrente fosse stata il prodotto della distruzione della cometa, si dovrebbe inferirne che la formazione di una corrente (secondo ogni ragione lunga non meno di 190 milioni di chilom.), avesse potuto aver luogo in breve volger di anni; mentre tutto persuade a credere che i distaccchi delle parti di una corrente simile si generino per varie serie di separazioni meccaniche, prodotte forse dalle straordinarie conflagrazioni che vedemmo agitare sovente il nucleo delle comete, ma diuturnamente e anzitutto dalla differenza delle orbite che ogni corpuscolo descrive, con perfetta analogia con quanto si vide effettivamente succedere per gli stessi due nuclei della cometa accennata del Biela. Tale lavoro, che si potrebbe chiamare quasi di differenziazione meccanica, esige quindi un tempo eccessivamente lungo, e d'altra parte la illazione, che se ne deve trarre, trova riscontro e conferma anche nella probabile identità delle correnti del 1798 e del 1838, anteriori alla separazione dei due nuclei, colla corrente del 1872.

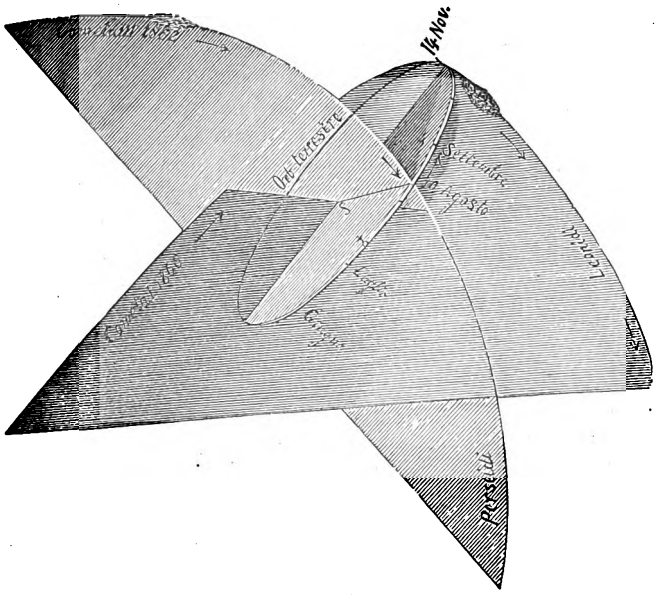


Fig. 132. — Orbite della cometa III, 1862 (Perseidi) e I, 1866 (Leonidi).

Tuttavia, dovendo riassumere, la conclusione alla quale sono pervenuti gli astronomi intorno a questo soggetto, è la seguente, che riportiamo colle parole stesse dello Schiaparelli: « Le correnti meteoriche sono il prodotto della dissoluzione delle comete, e constano di minutissime particelle che certe comete hanno abbandonato lungo la loro orbita in causa della forza disgregante che il sole e i pianeti esercitano sulla materia rarissima di cui sono composte ».

Avvertendo ancora come tale azione disgregante sia ben diversa da quella forza quasi *ripulsiva*, che notammo a proposito delle code delle comete, resterebbe ancora intatto il quesito della provenienza delle comete.

Una certa parentela fra alcune comete, rivelata alcuni anni fa dall' Hoeck, e per la quale sembra che esse si possano quasi ridurre a sistemi, costretti a percorrere vie non molto diverse, pareva giustificare il concetto della provenienza decisamente ultraplanetaria delle comete, quasi ogni loro sistema fosse l'emanazione di determinate stelle fisse. Esse quindi, secondo le idee del Laplace, vennero per alcuni anni giudicate quasi le reliquie della primitiva grande nebulosa solare, disperse nello spazio siderco e soltanto indotte a penetrare nel sistema planetario tutte quelle volte che i moti celesti le portino ad entrare nella sfera di attrazione del sole. Senonchè contrariamente ad alcune deduzioni matematiche del Laplace, lo Schiaparelli dimostrava come un corpo di provenienza stellare, penetrando nel nostro sistema, debba necessariamente descrivere un' orbita, non già elittica o parabolica, ma addirittura iperbolica. Ora, son ben poche le comete, alle quali ormai si possa assegnare una tale orbita, anche in via dubitativa, e tutto induce a ritenere, che pur quelle che ne hanno l' apparenza verranno giudicate paraboliche od elittiche, soltanto in virtù di più esatte determinazioni future dei loro elementi. D' altra parte vedemmo come si vada sempre più moltiplicando il numero delle comete che si palesano collegate con uno sciame anulare meteorico, fenomeno più certamente planetario.

Perciò esse non si devono giudicare corpi di provenienza stellare. D'altra parte le loro orbite persuadono a ritenere che le comete non sono nemmeno da giudicarsi quali corpi assolutamente planetarî, ad eccezione di alcune poche, forse ormai diventate tali, in se-

Digitized by Google

guito e dell'attrazione solare e delle perturbazioni esercitate dai maggiori pianeti. Per cui, pur escludendo la loro origine stellare, non sembra priva di fondamento la congettura che le comete formino un sistema alquanto diverso dal planetario, col quale però hanno comune, per lo meno, il movimento attraverso gli spazi stellati, diretto, come ci è noto, verso la costellazione di Ercole. Non è quindi improbabile ch'esse abbiano formato parte della grande massa nebulosa primitiva imaginata dall'Herschel e dal Laplace, e che quello stesso fatto della sua concentrazione abbia prodotto da un lato il sole col suo corteo planetario e dall'altro il sistema cometario, corteo e sistema bensì stretti da notevoli vincoli, ma non tali da considerarsi come un sistema solo.

Dopo quanto s'è detto intorno alla massa delle comete, alla loro presumibile costituzione, nonchè alla forma delle loro orbite, per la quale, ora approssimandosi al sole, ora allontanandosi da esso, devono andar soggette a condizioni termiche e luminose svariatissime, — parlare dello sviluppo della vita (almeno come la intendiamo noialtri) sulle comete, è superfluo.

Del pari sarebbe retrocedere almeno di tutto il secolo presente e fare offesa alla intelligenza dei nostri lettori, occuparci a dimostrare che le pretese influenze delle comete sulla Terra non hanno fondamento veruno. Adesso le tremende paure, che dominavano i tempi antichi e medievali, sono tramontate per sempre, e solamente una debole eco di loro si fa sentire nelle classi sociali più incolte.

Ma a quelle supposizioni altre si son sostituite: quelle che riguardano un possibile urto di qualche cometa col globo, e quello delle influenze di tali astri almeno sulle condizioni meteorologiche della nostra atmosfera.

Certamente l'incontro del globo colla testa e più ancora colla coda di una cometa non è impossibile, se si tenga conto del grande numero delle comete. Tale eventualità può apparire ancora più probabile dacchè si è riconosciuta la coincidenza di molte orbite cometarie con quelle degli sciami meteorici. Se ogni caduta di stelle palesa essere avvenuto un incontro con una corrente meteorica, non deve ritenersi improbabile che una volta o l'altra il momento dell'incontro avvenga proprio quando per quel determinato punto d'intersezione delle orbite passa la cometa. Tuttavia i calcoli istituiti in proposito dimostrarono dapprima che l'imbattersi del nostro globo con una cometa è tanto poco probabile da rasentare molto davvicino la impossibilità, poi che, stante la tenuissima massa delle comete, esso avrebbe luogo con conseguenze minime per la Terra e forse appena suscettibili di esservi segnalate.

Quest'ultima considerazione, della tenuissima massa, vale altresì ad escludere la idea che alcuni dei satelliti sieno vere comete, così trasformate in causa dell'attrazione del pianeta, che in tal guisa le avrebbe quasi legate al proprio carro; e del pari essa ci persuade a ritenere assai limitata l'azione meteorologica delle comete. Certo è che le più diligenti ricerche sulle relazioni tra l'apparizione delle comete e la temperatura terrestre, diedero al Littrow dei risultati assolutamente negativi. Anni di massima temperatura talvolta coincidono con anni segnalati per copia, tal'altra con quelli noti per povertà di comete.

Del pari, finora nulla autorizza a stabilire una relazione fra i fenomeni climatologici e le pioggie di stelle cadenti. Queste però danno luogo ad alcuni fenomeni, i quali devono esercitare un'azione almeno nella nostra atmosfera. Le apparenze luminose nelle semplici filanti tradiscono dei fenomeni termici, che sono altrimenti posti in evidenza nel caso dei bolidi. Il calcolo dimostra che la temperatura dell'aria attorno al corpo che l'attraversa, perchè questo sia reso luminoso, debba ascendere a parecchie centinaia e forse a qualche migliaio di gradi. Ora nelle piogge meteoriche assai copiose, non dev'essere affatto affatto trascurabile la conseguenza di un fenomeno, che isolatamente nell'ampiezza dell'atmosfera si può considerar nullo, ma che diventa rilevante per l'accumularsi dei fenomeni analoghi.

Accennammo (1) ad una teorica, secondo la quale la costanza del calore del sole potrebbe provenire dalle cadute numerose dei meteoriti sul grande astro, e la giudicammo insufficiente. Tuttavia crediamo che per quello che riguarda tanto la massa terrestre, quanto i fenomeni termici, non si possa considerare come nullo l'effetto delle cadute dei meteoriti sul globo, e quello che deriva dal rapido correre dei bolidi e delle stelle cadenti traverso la nostra atmosfera.

Non ultimo dei modi questo col quale, tutto si manifesta collegato nel cosmo; non ultimo

(1) Vedi pag. 84.

Digitized by Google

dei fatti che ci ammoniscono a non studiare mai i grandi fenomeni naturali isolatamente, ma sì invece ad esaminarli nelle relazioni che li serrano indubitatamente un l'altro, se si voglia pervenire a conoscere bene anche piccola parte di

« Ciò che per l' universo si squaderna ».
DANTE, *Parad.*, C. XXXIII, v. 87.

III. Se le comete e le correnti meteoriche presentano un carattere intermedio tra il planetario e lo stellare, predominando senza dubbio quel primo, ma non tanto da obbligarci a considerarle una cosa sola col sistema nostro; ci rimane ancora da prendere in esame un fenomeno, di cui è difficile giudicare se debba classificarsi fra quelli di origine tellurica o cosmica. Questo fenomeno è quello della *luce zodiacale* (1).

Nelle sere stellate dell' inverno o della primavera, non appena cessato il crepuscolo, verso occidente, ovvero nelle mattine d'estate e d' autunno e allora innanzi l'alba e verso oriente, si scorge talvolta proiettarsi nel cielo una grande piramide di luce biancastra, più o meno inclinata sul piano dell'orizzonte. La base di tale piramide si posa là dove il sole è scomparso o sta per apparire, e il suo asse si slancia presso a poco lungo l' eclittica, in modo che, prolungandolo, sembra che debba incontrare la posizione occupata da quell' astro; la sua sommità ha leggera sembianza di corno, nell'emisfero settentrionale costantemente rivolto a sud, nel meridionale a nord.

Tale fenomeno è noto sotto il nome di *luce zodiacale*, appunto a motivo che esso occupa sempre quella parte del cielo che spetta allo zodiaco, del quale, a primo aspetto, sembra quasi parte costituente.

(1) SECCHI, *Le Soleil*, II., pag. 430; — NEWCOMB, p. 449; — DELAUNAY, *Astron. popul.*, pag. 330; — HUMBOLDT, *Cosmos*, I, pag. 129; III. pag. 478; — MÜLLER, *Kosm. Physik*, pag 326; — FLAMMARION, *L'atmosfera*, pag. 357; — HOUZEAU, pag. 514; — HAHN, *Katechismus der Astronomie*, ecc., pag. 266 e seg.; — JONES *rev.* GEORGE, *Observations on the Zodiacal Light from April* 2, 1853, *to April* 22, 1855, Washington, 1856; — SERPIERI P. A., *La Luce Zodiacale, sue leggi e teoria cosmico-atmosferica, dedotta dalle osservazioni di G. Jones.* Estr. dall'*Appendice* al *Giornale degli Spettroscopisti italiani*, Vol. V. 1876 (Vedine pure il sunto pubblicato dal P. F. Denza in *Bullettino meteorol. dell'Osservatorio di Moncalieri*, Anno XI, 1875-76, Vol XI, pag. 113, 129, 145); — GRONEMANN H. J. H., *Recherches sur la nature de la lumière zodiacale*, in *Giorn. degli spettrosc. italiani*. Vol. X, 1881, *Appendice*, pag. 165 e seg; — SERPIERI P. A., *Note ad una memoria del signor Groneman sulla luce zodiacale*, id. id., pag. 257; — CELORIA G., *La luce zodiacale*, in *Istruzioni scientifiche pei viaggiatori, raccolte da* ARTURO ISSEL, Roma, Botta, 1871, pag. 30.

La scarsezza di notizie che si erano raccolte su questa meteora luminosa, aveva fatto credere ch'essa, cosa del resto ben improbabile, fosse del tutto sfuggita agli antichi; senonchè, oltre al fatto che gli Arabi la conoscevano sotto il nome di *feri-chiazib*, la *falsa alba*, si hanno memorie ch' essa fosse stata osservata in varie epoche, fra le altre in quell'anno 410, in cui Roma cadde nelle mani di Alarico. Però, avvertita probabilmente dal Brahè e dal Keplero, e più certamente dal Childrey nel 1659, fu la prima volta oggetto di studio serio e scientifico nel 1683 per opera di G. D. Cassini, che tentò di definire le leggi, e di trovare la spiegazione del fenomeno e delle circostanze che lo accompagnano.

In realtà esso non si presenta nella forma semplice con cui lo abbiamo accennato dianzi. Anzitutto in paesi e ad epoche diverse assume intensità disuguali: talora è appena visibile, tal'altra apparisce tanto splendido, da vincere i punti più luminosi della Via Lattea, e da non rimanere impallidito nemmeno dalla falce lunare che brilli frammezzo o presso alla piramide luminosa, come nella bella luce zodiacale vista a Melbourne dal Becker la sera dell' 11 ottobre 1858.

La luce zodiacale appare più viva alcuni gradi sopra l'orizzonte e presso all'asse della piramide luminosa, in modo da dar l'idea di una serie di coni ad asse comune, sempre meno splendenti andando dall'interno all'esterno (1), sì da sfumare lentamente sui lati, lungo i quali va insensibilmente confondendosi coll'azzurro del cielo. Dei due fianchi, ora rettilinei, ora concavi, ora convessi, il più netto e spiccato è il lato opposto a quello nella cui direzione è collocato l'osservatore; per chi si trovi nell'emisfero settentrionale, il lato sud, per chi si trovi nel meridionale, il lato nord.

È difficile assegnare una giusta larghezza alla base della luce zodiacale: di solito essa sta fra i 10 e i 30°; ma talvolta raggiunge i 40 e anche i 60°. Del pari difficile è la determinazione della sua estensione nel senso dell'asse. Di consueto il suo vertice non dista dal sole più di 50 o 60°, e quindi dall' orizzonte più di 30 o 40°; ma se ne segnarono elongazioni di 90 e anche di 100 e più gradi.

In circostanze favorevoli, lungo l'eclittica, si nota la così detta *luce di opposizione* (chia-

(1) D'onde la recente distinzione dovuta allo Jones e al Serpieri, i quali trovano almeno tre gradazioni di luce nella piramide zodiacale; la *luce fulgente* (cono centrale), la *luce diffusa* e la *luce pallida*.

Digitized by Google

mata *Gegenschein* dal Brorsen, e poscia, in generale, dai tedeschi), cioè un altro cono luminoso di forma simile al precedente, ma di dimensioni apparenti più piccole e di luce assai meno intensa. Questo secondo cono giace nella parte del cielo contraria a quella della luce zodiacale, in modo che la sua zona relativamente più luminosa si trova diametralmente opposta al sole. Non è raro ancora osservare come i vertici dei due coni opposti si avvicinino, in modo che fra l'uno e l'altro la distanza diventa piccola tanto che talvolta essa pure è varcata da un piccolo tratto luminoso, il così detto *ponte*, il quale, in tal guisa, riunisce le piramidi luminose in un vero anello di luce zodiacale, steso lungo l'eclittica.

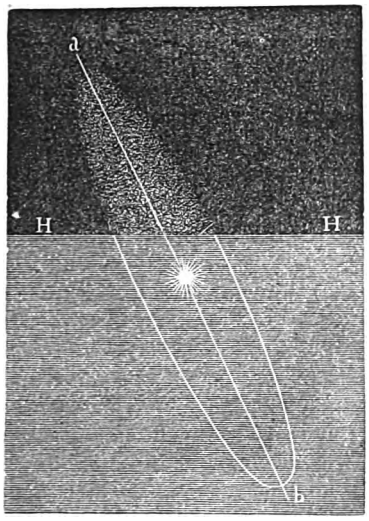


Fig. 133 — La luce zodiacale in condizioni di visibilità.

Nei paesi tropicali la luce zodiacale si mostra regolarmente ogni mattina ed ogni sera lungo tutto il corso dell'anno, presentando i suoi massimi di estensione in giugno e in dicembre, i minimi in marzo e in settembre. La visibilità del fenomeno in quella zona è resa maggiore dalla breve durata del crepuscolo e più ancora dal fatto che ivi l'eclittica apparisce generalmente molto alta sull'orizzonte, col quale fa sempre un angolo retto o prossimo al retto.

Perciò il cono della luce zodiacale, il cui asse è sempre sul prolungamento dell'eclittica, appare a sua volta ben eretto sull'orizzonte e quindi ben discernibile (Fig. 133).

Al contrario nei paesi di medie latitudini l'eclittica forma in certe stagioni un piccolo angolo col piano dell'orizzonte, quindi la piramide zodiacale, quasi sdraiata su questo, sfugge necessariamente all'osservazione (Figura 134).

In generale nella zona temperata dell'emisfero settentrionale la luce zodiacale, di rado o quasi mai visibile d'estate, si mostra distinta la sera sul finire di febbraio e nel marzo, e il mattino verso la metà di ottobre; nell'inverno la si può scorgere mattina e sera.

Nella zona temperata dell'emisfero meridionale le combinazioni s'invertono; la luce zodiacale è meglio visibile la sera in ottobre, il mattino in febbraio e in marzo; sera e mattina in tutti i mesi della nostra estate (1).

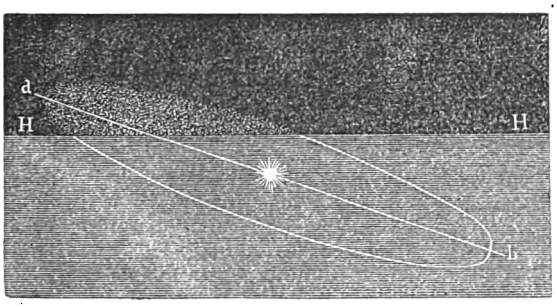


Fig. 134. — La luce zodiacale in condizioni d'invisibilità.

(1) La ragione per cui nella zona temperata la luce zodiacale si vede di rado e solo in certe ore e in certe stagioni, sta probabilmente in ciò che segue. Prescindendo da qualsiasi ipotesi sulla sua origine, è indubitato che la luce si contiene, come se appartenesse al sole e formasse una specie di disco, centrato sul sole stesso e avente la massima spessezza nel senso del piano dell'eclittica. Difatti noi la vediamo inalzarsi nella direzione di questo piano come se esso potesse rendersi visibile. Se l'inclinazione del piano dell'eclittica è assai piccola, in modo da formare un angolo retto o prossimo al retto (confronta la retta *ab* nella Fig. 133), allora il fenomeno si palesa evidente; se tale inclinazione è molto forte, in guisa che l'angolo dell'orizzonte col piano dell'eclittica sia acuto (confronta l'analoga retta *ab* nella Fig. 134) il fenomeno non si può scorgere, perché si confonde colle nebbie dell'orizzonte.

Ora tale inclinazione nelle 24 ore si muta in virtù del moto diurno per tutti i punti terrestri, che non sieno posti sull'equatore. Siccome la Terra ruota intorno al proprio asse, il piano dell'equatore fa col piano dell'orizzonte di un luogo, dovunque sia posto, un angolo invariabile; ma altrettanto non succede rispetto al piano dell'eclittica. E realmente l'asse dell'eclittica fa coll'asse terrestre un angolo di 23° 28' circa, noto, come vedremo, sotto il nome di *obliquità dell'eclittica*. Ora, mentre la Terra s'aggira intorno al proprio asse, quello dell'eclittica descrive intorno ad esso un cono intero, il cui vertice è al centro della Terra. In questo movimento l'asse dell'eclittica per un certo tempo si avvicina allo zenit di un dato luogo, per un altro tempo se ne allontana, e precisamente può avvicinarsi ed allontanarsi di una quantità eguale alla sua doppia distanza dall'asse terrestre (23° 28'), cioè d 46° 56'. Quindi se prendiamo esempio da Padova, posta circa alla latitudine di 45° 30' (esattamente di 45° 24'), troviamo che l'asse del suo orizzonte forma coll'asse del mondo un angolo costante di 44° 30'; ma invece coll'asse dell'eclittica (e analogamente il piano del suo orizzonte

Digitized by Google

Secondo alcuni osservatori, questo fenomeno sarebbe assai raro nelle zone temperate, anzi l Flammarion asserisce che in Francia non si vede la luce zodiacale più di una o due notti dell'anno. Certamente le consuetudini della vita cittadina e le artificiali illuminazioni dei grossi centri abitati, rendono difficile e raro poterla osservare specialmente nel febbraio, mese fra noi propizio per vederla; ma essa è assai più frequente di quanto non creda il valente astronomo francese. Il Müller rammenta come nel febbraio e nel marzo del 1856, egli abbia potuto osservarla da Friburgo per molte sere di seguito, e del pari per molte sere consecutive, e pur senza farne oggetto di speciale attenzione, chi scrive potè scorgerla da Padova nel marzo del 1880.

Il fenomeno della *luce di opposizione* nelle nostre regioni si vede più facilmente in marzo, aprile e sul principio del maggio, allorchè la sua parte più intensa trovasi nel Leone o nella Vergine; meno spiccato apparisce presso l'equinozio di autunno; negli altri tempi dell'anno è assai difficilmente visibile, anche causa lo splendore della via Lattea, colla quale viene a confondersi.

Qualche altro fenomeno, segnalato specialmente in tempi recenti, accompagna la luce zodiacale.

Anzitutto si riscontrò che essa non si manifesta sempre immediatamente dopo il crepuscolo della sera, ma qualche volta con esso, e del pari in certi casi anche a notte già inoltrata. Si notò ancora che il crepuscolo, nonchè la nebbia quando non sia fitta, non esercitano influenza veruna sull'apparire della luce, anzi talvolta una leggiera nebbia la rende più spiccata e più sensibile.

Si osservarono del pari nel cono luminoso una serie di movimenti proprî interni a guisa di pulsazioni o di ondulazioni, analoghe a quelle rilevate nell'aurora boreale e tali da tradire quasi una potenza dinamica intima, se non autonoma.

È curioso e interessante eziandio il fatto che a due osservatori collocati uno a nord e l'altro a sud dell'equatore, una stessa piramide zodiacale apparisca pel primo inalzarsi nell'emisfero settentrionale, pel secondo nel meridionale, anzi si sposti lungo i paralleli man mano che l'osservatore cammina da nord a sud o viceversa, e tutto ciò senza dar luogo ben s'intende, a variazione parallattica.

Per uno stesso cono poi, contemplato da due diversi osservatori, i fenomeni interni di fluttuazione appariscono diversi e nel tempo e nella forma.

Da ultimo, paragonando attentamente la direzione dell'asse di una piramide zodiacale di ponente la sera colla direzione dell'asse di una piramide analoga di levante nel mattino immediatamente successivo, si dovette concludere che il cono della sera non ha nessuna relazione con quello del mattino.

L'esame della *luce* emanata dal cono zodiacale, non diede risultati sicuri. Pare tuttavia probabile ch'essa presenti una doppia natura, cioè che sia in parte propria e in parte riflessa dal sole.

Quanto alla sua *tinta*, generalmente la si giudica bianca, o giallognola, o anche da taluni verdognola. Quelli che la giudicarono più o meno rossastra, la confusero probabilmente colla luce crepuscolare o con quella di qualche aurora polare.

Finalmente nel 1867 l'Angstrom trovò, e nel marzo del 1872 il Vogel potè confermare nello spettro della luce zodiacale l'esistenza di una riga verdognola posta fra le lettere *D* ed *E* della scala del Kirchoff e corrispondente ad una riga brillante dell'aurora polare (1). Siccome però tale spettro veniva prodotto da tutte le parti del cielo, coperte allora da una languida nebbia luminosa, così il fatto non è tanto decisivo, quanto può parere a primo aspetto.

Anche prima che intorno alla luce zodiacale si fosse raccolta tutta la messe di osservazioni, i cui risultati noi tentammo di riassu-

col piano dell'eclittica) l'angolo ch'esso forma può variare fra:

$$44^\circ\,30' + 23^\circ\,28' = 67^\circ\,58'$$
$$\text{e} \quad 44\ 30 - 23\ 28 = 21\ 02.$$

Nel moto diurno poi, perché il fenomeno zodiacale si renda visibile, è necessario che il massimo angolo del piano dell'eclittica col piano dell'orizzonte abbia luogo allorché il sole sia di poco disceso sotto l'orizzonte. Ora, questo fatto per l'emisfero settentrionale si verifica la sera presso l'equinozio di marzo, perché allora il punto dell'equinozio è all'ovest, e al mattino presso l'equinozio di settembre, perchè allora il punto dell'equinozio è all'est.

Così riesce chiara la ragione per cui la piramide zodiacale non è visibile nelle sere d'autunno e nemmeno nelle mattinate di primavera, essendo l'equinozio lontano dall'ovest nel primo, dall'est nel secondo caso.

Del pari i paesi posti ad alte latitudini hanno gli assi dei loro orizzonti diretti in modo da fare coll'asse del mondo angoli troppo piccoli perché la luce zodiacale possa rendersi visibile per essi. Così a 60°, l'angolo dei due piani (dell'orizzonte e dell'eclittica) può variare fra un massimo di 53° 28' e un minimo di 7° 32'; a 70, ad 80 e a 90°, i massimi stanno fra 43° 28' e 33° 28', mentre i minimi si riducono a 0°.

(1) V Tav. III, dell' **Atlante, Spettri luminosi**, N. 8.

Digitized by Google

mere rapidamente, e cioè fin dai tempi del Cassini, cominciarono le ipotesi dirette ad esplicare tale interessantissimo fenomeno. Nè al Cassini stesso pareva meglio del ritenerla una proiezione prospettica sul globo celeste di un corpo avente forma di disco, centrato sul sole e costituito da una specie di nebulosa. La coincidenza dell' eclittica coll' asse delle piramidi luminose e la loro apparente correlazione col moto diurno parevano dar ragione all'ipotesi cassiniana.

Tuttavia, perchè tale luce fosse visibile tante ore dopo tramontato il sole, bisognava supporre immensa la nebulosa che lo circondava, anzi tanto estesa da involgere l'orbita terrestre, e quindi se ne rendeva inconciliabile la esistenza colle leggi della meccanica celeste. La scoperta della luce di opposizione, annunciata dall'Humboldt nel 1803, finì di rovesciare tale ipotesi, che tuttavia fa mostra di sè in qualche libro elementare.

Del pari non resse quella che vedeva nella luce zodiacale un fenomeno derivato dalla corona solare.

Più credito ebbe in questi ultimi tempi la congettura primamente emessa dall' Hooke nel 1705 e poscia più o meno modificata, cioè che il fenomeno del quale trattiamo venga prodotto da una materia non già disposta intorno al sole, ma intorno la Terra, — abbia poi essa il carattere di una cintura meteorica pari all' anello di Saturno, o quello di un effluvio simile alle code delle comete.

Le ricerche più recenti sono accortamente dirette a sciogliere il problema fondamentale: se la luce zodiacale sia un fenomeno terrestre o cosmico. E i risultati pare che s' accordino nell'assegnare alla luce zodiacale una sede assai prossima a noi, e quindi nel giudicarla un fenomeno principalmente terrestre, non senza però ritenerla influenzata da cause esteriori e cosmiche.

Così per es. il Groneman non sarebbe alieno dal credere che « la piramide zodiacale sia una specie d' illusione ottica, occasionata da qualche sostanza sottile, gazosa o polverulenta, che presso all'osservatore si trova più accumulata in una che non in un' altra direzione, in modo che il raggio visuale incontra particole più numerose in tale direzione, ovvero in modo che siffatta materia rifletta una maggior quantità di luce nella direzione predetta ».

Al contrario il Serpieri, avendo rilevate tutte le analogie fra i fenomeni zodiacali e quelli presentati dalle aurore polari, non esita a pronunciarsi come « la luce zodiacale sia una vera aurora elettrica celeste che precede e segue il sole nel suo giro intorno alla Terra », aurora eccitata dalla continua comunicazione elettrica ormai ammessa fra la Terra e il sole e mantenuta da speciali raggiamenti solari.

E anche in questo argomento, come in molti fra quelli che toccammo di volo, una volta accennato alle ipotesi più accreditate, dobbiam soggiungere che se esse si possono ritenere come passi audaci alla ricerca del vero, la scienza è ancora lungi dall'aver pronunciata, intorno alla luce zodiacale, l'ultima parola, quella che non teme smentite.

Digitized by Google

LIBRO II

LA TERRA E IL SUO SATELLITE

CAPITOLO I.

LA TERRA, LA SUA FIGURA E I SUOI MOVIMENTI (1)

L'aiuola, che ci fa tanto feroci . . .
DANTE, *Paradiso*, C. XXII, v. 151.

1. Anche senza che la si dichiarasse esplicitamente, dal viaggio adesso compiuto di mondo in mondo traverso gli azzurri abissi del cielo, una verità solenne uscirebbe chiara e lampante: la Terra è un astro, è uno e non certamente il più grande fra i corpi che s'aggirano senza requie nello spazio sterminato. Potessimo abbandonarne per un momento la superficie e spingerci almeno fino al satellite che le è compagno nella corsa pei cieli, e la vedremmo disco verdognolo, nove volte maggiore di quello che non appaia il disco lunare a noi, presentarci e mari e continenti, e laghi ed isole, e deserti e foreste e campi polari di ghiaccio, ora netti e spiccati, ora sfumati e coperti da brume più o meno spesse. Potessimo raggiungere l'orbita di Marte, e il nostro piccolo globo avrebbe una sembianza non molto diversa da quella che presenta Venere a noi, con fasi analoghe a quelle del « bel pianeta che ad amar conforta », ma con dimensioni minori di quelle che le sue non ci appariscano.

Questi concetti adesso sembrano ovvii e naturalissimi; eppure l'umanità vide scorrere a centinaja gli anni e forse i secoli, prima di afferrare il sommo principio: la Terra è un astro; — principio la cui affermazione non

(1) NEWCOMB, pag. 7 e seg., 330 e seg.; — ULE (KLEIN), pag. 77 e seg.; — MÜLLER, *Kosm. Phys.*, pag. 46 e seg.; — HUGUES, *Noz. di geogr. matem.* pag. 5, 23, 230; — DELAUNAY, *Corso elem.*, pag. 111; — MARTUS, *Astronom. Geogr.* qua e là; — HANN, HOCHSTETTER *und* POCKORNY, *Allgemeine Erdk.*, pag. 1; — GUTHE WAGNER, *Lehrb. der Geographie*, 5.ª Aufl. Hannover, Hahn, 1882, pag. 9 e seg.; — FLAMMARION, *Les Terres du Ciel*, pag. 255; — HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. I, pag. 145; III, pag. 402; IV, pag. 13 e 125; — HOUZEAU, pag. 477; — STEINHAUSER A., *Grundzüge der mathem. Geogr. und der Landkarten-Projection*, Wien, 1880, 2.ª Auflage; — KLÖDEN GUST., *Handbuch der Erdkunde*, I; — DRECHSLER D. AD., *Katechismus der Mathem. Geographie*, Leipzig, Weber, 1879.

PICARD J., *Mesure de la Terre*, Paris, 1671; — MÉCHAIN et DALAMBRE, *Base du système métrique décimal*, Paris, 1806-10; — BAEYER I. J., *Ueber die Grösse und Figur der Erde*, Berlin, Reimer, 1861; — POSCH LORENZ, *Geschichte und Systeme der Breitengrad Messungen*, Freysing, Datterer, 1860; — LISTING JOH. BEN., *Ueber unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde*, Gottingen, Dieterich, 1872; — LISTING, *Neue geometrische und dynamische Constanten des Erdkörpers*, Gottingen, Dieterich, 1878; — (DÉPOT DE LA GUERRE DE BELGIQUE), *Grandeur et forme de la Terre, déterminées par les mesures d'arcs*, Bruxelles, mai 1876; Cnophs 1876; (id.) *Grandeur et forme de la Terre, Oscillations du pendule*, juin 1876, ibidem; — GÜNTHER, *Die Erdmessung des Eratosthenes* in *Deutsche Rundschau für Geographie u. Statistik*, 1881, pag. 327; — AIRY, *Figure of the Earth*, in *Encyclop. Metropol.*, t. III, London, 1845, pag. 160; — SCHIAPARELLI G. V., *Notizie sui lavori del grado Europeo, e specialmente sulle operazioni ad esso relative, che si stanno facendo in Italia*, nell' *Italia economica del* 1870 *per cura di* PIETRO MAESTRI, Firenze, Civelli, 1871, pag. 42; — SCHIAPARELLI, *Sulle attrazioni locali*; — *Sulle deviazioni del filo a piombo prodotte dalle attrazioni locali dell'alta Italia*, in *Notizie e Rendiconti del III Congr. geogr. internaz. a Venezia*, Roma, Soc. Geogr., 1882, vol. I, pag. 74; — LORENZONI, *Studio delle variazioni della gravità coll'ajuto del pendolo*, ivi, pag. 76; — CELORIA, *Le attrazioni locali* in *Bollett. della Soc. geogr. ital.*, vol VII (gennaio 1872), pag. 109; — BAEYER I. J., *Ueber den gegenwärtigen Stand der Gradmessung*, in *Geogr. Jahr.*, I, 1866, pag. 338; idem, *Bericht über die Fortschritte der Gradmessung*; ivi, II, 1868, pag. 168; idem, ibidem, III, 1870, pag. 152; idem, ibidem, IV, 1872, pag. 1; — BRUHNS Dr. C., *Bericht über die neuesten Fortschr. der Europ. Gradm.*, ibid., V, 1874, pag. 144; id. ib., VI, 1876, pag. 284; id. ibid. VII, 1878, pag. 243; VIII, 1880, pag. 275; — OPPOLZER Dr. TH., *Bericht über die Fortschritte und Arbeiten der Europ. Gradm.*, id. ibid., IX, 1882, pag. 43; — BRUNS H., *Die Figur der Erde*, Berlin, 1878; — KLEIN F., *Die Figur der Erde* in *Mittheil. der k. k. geogr. Gesellsch. in Wien*, B. XXVI, 1883, N. 4 e 5; — ZOPPRITZ Dr. K., *Der gegenw. Standpunkt der Geophysik* in *Geogr. Jahrb. VIII*, 1880, pag. 1; idem, *Die Fortschritte der Geophysik*, ibidem, IX, 1882, pag. 1; — A. R. C. (Clarke) *Figure of the Earth* in *Enciclopedia Britannica*, IX ediz., vol. VII, 1877, alla par. *Earth*, pag. 607; — DEBUS E., *Geographische Maasse*, in *Geogr. Jahrb.*, I, 1866, pag. 1; — WAGNER Dr. HERMANN, *Die Dimensionen des Erdsphäroids nach Bessel's Elementen* ecc., in *Geogr. Jahrb.*, III, 1870, pag. 587.

Digitized by Google

ebbe conseguenze soltanto in ordine al progresso dell'astronomia, ma ne arrecò di vitali nella lotta per la libertà del pensiero e per l'avanzamento della civiltà.

Il carattere di astro alla Terra doveva risultare dal riconoscimento della sua forma e da quello dei suoi movimenti.

Finchè essa poteva essere giudicata un piano, una tavola, una specie di timpano, o di barca galleggiante nell'oceano; anche il cielo poteva foggiarsi ad arca, a padiglione od a cupola, sulla quale scorrevano i luminari del giorno e della notte, appositamente creati per servizio dell' uomo, la cui predestinata dimora doveva essere centro e fulcro dell'universo. Pure il pensiero ellenico avea intravvisto il vero; ed Eudosso, e Democrito e sopratutti Aristotile (1) consideravano la Terra come una sfera isolata nello spazio, « medio suspensa », come suona la frase di un poeta latino, Manilio (2). Il consenso quasi generale dell'antichità non tolse che il primo medio evo, ispirato dalla fede, ma non dalla scienza, respingesse i guadagni fatti dalla antica civiltà, e negasse, assieme alla esistenza degli antipodi, la sfericità della Terra, come già ne impugnava i due movimenti di rotazione e di rivoluzione (3).

Tuttavia il concetto della rotondità della Terra non ebbe bisogno di una lotta così lunga e pertinace come quello dei due moti terrestri. Già il secolo VIII° con Virgilio da Salisburgo lo affermava, l' XI° con Adamo da Brema lo ammetteva, e il XIV° ne accettava anche le conseguenze meccaniche, allorquando, coll'Alighieri, definiva il centro della Terra come

. . . . . il punto
Al qual si traggon d'ogni parte i pesi.
ALIGHIERI, *Inferno*, c. XXXIV, v. 111.

Oggidì la forma sferica della Terra non soltanto è una verità assiomatica ed entrata nel dominio della più volgare cultura, ma da un pezzo nella scienza si ritiene semplicemente quale una prima approssimazione; imperocchè meglio che la figura di una sfera perfetta, apparve corrispondere al nostro globo quella di uno *sferoide* o di un *elissoide* di rivoluzione (1). Anzi da ultimo, per alcuni la Terra si mostrò di una forma speciale, forse non corrispondente con esattezza a nessuna delle consuete figure geometriche, sicchè, anche riservandosi di esaminare più diligentemente il problema, i dotti non trovarono di meglio che creare per la cosa nuova un vocabolo nuovo, chiamando *geoide* la figura che il nostro globo presenta.

Determinare con precisione la figura del *geoide* è ufficio particolare e delicatissimo di una scienza speciale, la geodesia, e noi, più tardi, da essa trarremo quanto può giovare per i nostri studi; — ma, anche senza ricorrere ai suoi postulati, la forma approssimativamente sferica del globo può risultare da considerazioni comuni e dal semplice buon senso. Di tal genere son gli argomenti, già in remotissima età dedotti dall'incurvarsi della sfera celeste e dal succedersi delle stelle per chi si sposti sul globo, nonchè dalla figura che l' ombra della Terra presenta allorchè, nelle eclissi, si projetta sulla luna. Questo medesimo satellite, la cui forma sferica, palesata chiaramente dalle fasi, dovette essere una delle prime affermazioni della mente umana, per la legge dell' analogia veniva a suggerire la figura rotonda della Terra. Anche un' altra considerazione si presentò ben presto alla mente umana. Allorchè nessun impedimento naturale od artificiale vi si oppone e la nostra vista può spaziar libera su vasta pianura, ovverosia sull' ampia distesa dei mari, per quanto acuto sia, l'occhio vede un' estensione limitata di suolo, circoscritta da una linea sicura e decisa, di forma costantemente circolare: l'*orizzonte* (2). Supponiamo

(1) *Problemata*, sect. XV, quaest. 5; *De Coelo*, lib. II cap. 4. 14.

(2) MANILII, *Astronomicon* in *Poetae latini Minores* del LEMAIRE, vol. VI, Parisiis, Lemaire, 1826, pag. 167-666; Libro I, verso 180. Anche i versi 169-170, rammentano come la potenza creatrice foggiando la Terra,

« . . . . . fecitque cadendo
Undique ne caderet: . . . . . »

(3) Per non cadere in abuso e per non ripetere citazioni già fatte, vedi a questo proposito i lavori del PESCHEL, del LEOPARDI, dello SCHIAPARELLI, del GÜNTHER e del MARINELLI, ricordati alle pag. 47 (col. 1.ª, nota 1.ª), 86 (col. 2.ª, nota 2.ª). Aggiungi ancora G. MARINELLI, *La Geografia e i Padri della Chiesa*, Roma, Civelli, 1882 e GÜNTHER, *Die Kosmographischen Anschauungen des Mittelalters* in *Deutsche Rundschau für Geographie u. Stat.*, Mars 1882, April 1882.

(1) È la figura che una sfera costituita di una massa omogenea fluida o per lo meno molle, viene ad assumere qualora la si faccia ruotare con sufficiente rapidità intorno ad uno dei suoi diametri. Essa differisce dalla sfera notevolmente: la *sfera* ha per generatore un *circolo* che ruota intorno ad un diametro; lo *sferoide* un *elisse* che ruota intorno all'asse minore; — i raggi e quindi i diametri della *sfera* sono eguali fra loro; nello *sferoide* v'è un diametro minimo, l'*asse di rotazione*, e una serie di diametri massimi, quelli posti alla più grande distanza dall'asse, e fra il minimo e i massimi v'è una graduazione infinita e insensibile di lunghezze. E si potrebbe ancora proseguire a lungo il raffronto.

(2) Per *orizzonte* dunque s' intende *la linea circolare che limita tutto all'intorno lo sguardo di un osservatore*. Essa apparisce circolare semprechè ostacoli terrestri non ne alterino la figura, e quindi in via assoluta soltanto in

Digitized by Google

per un momento la Terra veramente piana: allora unico limite al nostro occhio sarebbe la nostra potenza visiva, diversa da persona a persona; allora invece di scorgere una curva netta che all'estremo orizzonte sembri congiungere la Terra col cielo, lo spazio visibile sfumerebbe lentamente colla distanza. Del pari, già ai primi popoli navigatori non poteva sfuggire l'episodio, ogni giorno rinnovato nei porti di mare, della nave, che, avvicinandosi alla spiaggia lascia scorgere dapprima le cime degli alberi, poi le vele e solo da ultimo la tolda e la carena, nascoste a lungo dietro la curva terrestre (Fig. 135).

Ma nuovi argomenti aggiunse più tardi la

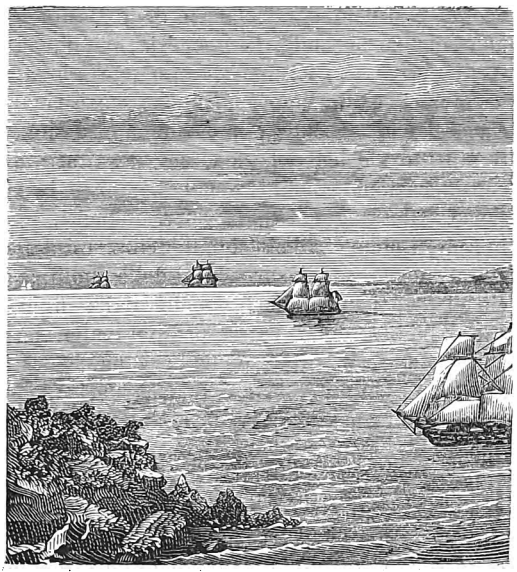


Fig. 135. — Curvatura dell'orizzonte.

mente umana. Se un osservatore rimane fisso in un posto, il suo orizzonte rimane parimenti immutabile nella posizione e nella grandezza. Ma se la persona s'inalzi di alquanto sopra la superficie del globo, man mano ch'essa si solleva verticalmente sul centro del proprio orizzonte, vede allontanarsi il limite di quest'ultimo, od, in altre parole, vede *aumentare* il raggio dell'orizzonte medesimo, rimanendo pur sempre uguale la propria potenza visiva. Questo allontanamento od allargamento dell'orizzonte coll'elevarsi dell'osservatore non può essere spiegato che coll'ammettere l'esistenza di un ostacolo che tutto all'ingiro impedisca la visione del suolo terrestre posto al di là di una certa distanza, e siccome esso è un fatto generale e costante che si ripete uniformemente in ogni parte del globo, giova concludere che l'ostacolo uniforme ed eguale debba assolutamente essere prodotto dalla conformazione della Terra. V'ha di più: fra l'inalzamento dell'osservatore e l'allargamento dell'orizzonte esiste un rapporto costante e tale da trovar spiegazione solamente ammettendo sferica la figura terrestre.

Sia *A* (Fig. 136) l'occhio di un osservatore posto alquanto in alto sulla superficie terrestre. Esso vedrà tanta parte di detta superficie quanta è limitata da un circolo formato dai punti di tangenza delle varie visuali (*Ah*, *AH*, ecc.) condotte

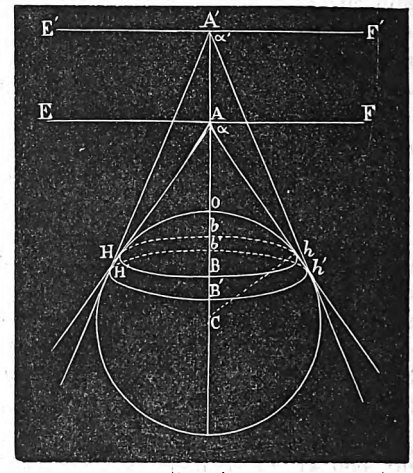


Fig. 136. — Allargamento e depressione dell'orizzonte.

da esso alla Terra. Quindi il suo orizzonte sarà rappresentato dalla curva *HBhb*, e lo spazio di Terra da lui visibile consterà della calotta sferica compresa entro detta curva.

Se noi quindi imaginiamo che dal punto *A* l'occhio si porti in *A'*, allora le visuali condotte all'estremità visibile della Terra non ne incontreranno già la superficie in *H*, ma in *H'* donde la formazione di un orizzonte *H'B'h'b'*, evidentemente maggiore dell'orizzonte *HBhb*.

Tali orizzonti *HBhb* e *H'B'h'b'* si chiamano *orizzonti sensibili*. Nella fig. 136 si è supposto che il punto A sia molto lontano dalla superficie terrestre. Nella realtà succede assai di rado che un osservatore si allontani considerevolmente dalla normale superficie terrestre. Vedremo più tardi come le più forti altitudini toccate dagli uomini sulle montagne sieno di poco superiori a 6500^m, e mediante gli aerostati, a 10800^m. Accettando quella prima cifra meglio accertata, di 6500^m, si

alto mare. *Centro dell'orizzonte* si dice al punto dove è posto l'osservatore; *asse dell'orizzonte* alla verticale elevata sul centro; *raggio dell'orizzonte* alla visuale condotta dall'occhio dell'osservatore alla periferia del cerchio al cui centro egli si trova. Spostandosi il centro, si sposta anche l'orizzonte, mantenendo però sempre costante la figura circolare.

Digitized by Google

trova che essa sta al raggio terrestre pressapoco nel rapporto di 1 : 1000; essendo quindi assai piccola tale proporzione, senza commettere errore sensibile, possiamo considerare la calotta sferica citata come se fosse piana e perciò l'orizzonte del punto A, come un piano tangente la sfera terrestre nel punto A. Analogamente dicasi del punto A', e quindi pei due punti A ed A' avremo due orizzonti EAF ed $E'A'F'$, i cui piani sono perpendicolari all'asse AO. Tali orizzonti ideali diconsi *razionali* o *matematici*.

Vedemmo come l'orizzonte sensibile si allarghi col crescere dell'altezza nella quale si suppone il punto di osservazione. Se tale altezza crescesse a dismisura, si verrebbe ad abbracciare nell'orizzonte tutto un emisfero terrestre. Mano a mano però che l'osservatore si eleva e che s'aumenta il raggio dell'orizzonte, diminuisce l'angolo sotto il quale esso abbraccia la Terra. Diffatti l'angolo $H'A'h'$ è minore dell'angolo HAh. Nella realtà sono i due angoli in α e in α', quelli che palesano tale diminuzione, poichè apparendo α' maggiore di α, ne

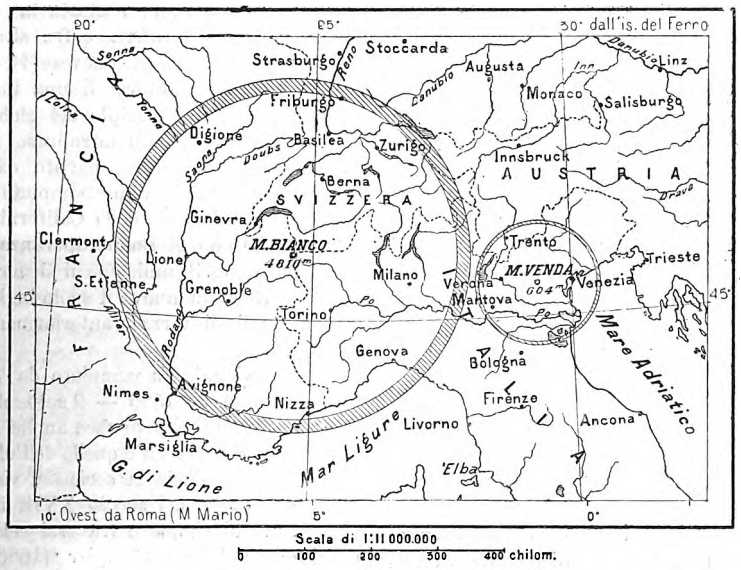


Fig. 137. — Limiti degli orizzonti geometrici e fisici (cioè tenendo conto della rifrazione) visibili dal M. Bianco nelle Alpi e dal M. Venda nei colli Euganei.

consegue che $H'A'h'$ debba essere minore di HAh. Ora questi due angoli α ed α', formati dagli orizzonti matematici colle visuali condotte tangenti alla sfera terrestre, diconsi *depressione dell'orizzonte*, perchè appunto mostrano di quanto l'orizzonte sensibile apparentemente si deprima sotto l'orizzonte razionale.

Dunque col crescere dell'altezza aumentano il raggio e in pari tempo la depressione dell'orizzonte sensibile. Riconosciuta poi la forma pressochè geometrica della Terra, si comprende come diventi facile trovare il rapporto esistente fra l'altezza dell'osservatore e i due elementi accennati; — e del pari, una volta conosciute le dimensioni terrestri, come si possano ridurre in valori numerici tali rapporti (1). Quindi si poterono costruire delle

(1) Il rapporto fra l'altezza di un osservatore sul livello marino e l'estensione del raggio del suo orizzonte, è suscettibile di essere determinato con una formola abbastanza semplice.

Chiamisi a (Fig. 136) l'altezza AO dell'osservatore, R il raggio Ch della Terra. Si tratta di determinare Ah, cateto di un triangolo rettangolo il cui vertice è in h. A quanto c'insegnano gli elementi della geometria, avremo $Ah = \sqrt{(R+a)^2 - R^2}$; cioè un cateto è eguale alla radice quadrata dell'ipotenusa fatta quadrata meno il quadrato dell'altro cateto. Inalzando alla 2.ª potenza, com'è richiesto dalla formola, si avrà $Ah = \sqrt{2aR + a^2}$, cioè $Ah = \sqrt{a(2R+a)}$. Ora $2R$ è il diametro terrestre, eguale quindi a 12740 m. circa; abbiasi un'altitudine qualsiasi del cui orizzonte si voglia conoscere il raggio, per esempio quella dell'Osservatorio di Padova (m. 60.23), sostituendo tali due valori, sarà facile risolvere il problema. Ah (raggio dell'orizzonte) sarà eguale a $\sqrt{0.06\ (12740 + 0.06)}$ = chil. 27.6. Analogamente pel m. Venda (Colli Euganei) alto m. 604 c.ª, avremo $Ah = \sqrt{0.604(12740 + 0.6)}$ = chil. 87.7. Anche qui però nel fatto intervengono parecchi elementi perturbatori dei risultati teorici del calcolo: le asprezze del suolo terrestre, le condizioni atmosferiche e la rifrazione.

L'Hugues (pag. 9) a comodo dei viaggiatori suggerisce una formola empirica assai semplice per dedurre il raggio dell'orizzonte di una data altitudine. Conosciuta l'altezza del punto d'osservazione in piedi inglesi (1' p. ingl. = m. 0.3048) si estrae la radice quadrata del numero ch'esprime tale altezza: il risultato darà il raggio dell'orizzonte in miglia italiane di 1854 m. Esperimentato tale metodo, mi apparve dare risultati inferiori al vero. Così il raggio d'orizzonte dell'osservatorio di Padova e quello del Venda da esso risulterebbero rispettivamente di soli chil. 26 e 78 invece di 27.6 e 87.7.

Digitized by Google

tabelle (1) di una notevole importanza specialmente pel marinaio, e pel viaggiatore, i quali possono, col semplice dato della visibilità di un oggetto di altezza nota (un faro, un promontorio), arguire la sua distanza, ovvero dalla distanza in cui un dato oggetto si rende visibile, arguirne l'altezza. Così, p. es., un faro alto 25m, che si scorga dalla coperta di una barca in modo che l'occhio dell'osservatore sia alto 3m sopra l'acqua, sarà distante 26 chilom. nel momento in cui sembra emergere dall'orizzonte. Parimenti se stando sull'albero di una nave, alto 20m sull'acqua, si possa scorgere la sommità di un colle alla distanza di 72 chil. e $^1/_2$, avremo diritto di dedurre che il vertice di quel colle non è alto meno di 200m (2).

Servendosi invece, come di elementi noti, dell'altezza di un luogo e del raggio d'orizzonte che gli spetta, nonchè dell'angolo di depressione, mediante una facile risoluzione di triangoli, si riesce a dedurre il raggio terrestre. Soltanto in questo caso, dovendo da valori piccoli dedurre dei valori assai più grandi, i risultamenti possono considerarsi soltanto come largamente approssimativi.

Un argomento assai convincente per dimostrare la rotondità della Terra derivò dalle stesse scoperte geografiche e più specialmente dai viaggi così detti di circumnavigazione. Però esso pure venne ad aggiungersi ben tardi alla serie degli altri e proprio allorquando la rotondità della Terra era entrata nella mente di tutti e le discordanze riguardavano piuttosto le dimensioni e la curvatura che si potevano attribuire al globo, dalle scuole dei geografi tolemaici e da Colombo stesso reputate minori del vero (3). E per giunta il terrore ispirato dai racconti del primo viaggio intorno al globo era tanto, che trascorse oltre mezzo secolo prima che altri s'arrischiassero ad imitare l'esempio dei primi coraggiosi circumnavigatori.

Il primo viaggio intorno al globo fu compiuto giusta il disegno di Ferdinando Magalhaes o Magellano, come dicono gl'Italiani, navigatore portoghese. Partì egli con 5 navi regie spagnuole da S. Lucar di Barrameda il 10 agosto 1519; traversò diagonalmente l'Atlantico, scoperse e traversò lo stretto che porta il suo nome, toccò le isole Marianne o dei Ladroni, indi le Filippine, in una delle quali (l'isola Machan) rimase ucciso dagl'indigeni. Il comando della flottiglia (ridotta alla sola nave Victoria) venne allora assunto da Sebastiano d'Elcano, già sotto pilota della nave *La Concepcion*, e questi fu così fortunato da riafferrare il porto di San Lucar, il 7 sett. 1522. L'Italia, allora maestra nell'arte di solcare gli oceani, avea pure alcuni suoi figli a rappresentarla in quella audace perlustrazione della sfera, e fra altri Leon Pancaldo savonese, Battista genovese (1), ed Antonio Pigafetta vicentino, autore di una importantissima relazione sul primo periplo del globo (2).

Il secondo viaggio fu intrapreso da Francesco Drake, capitano inglese, partito da Plymouth il 13 dicembre 1577, e venne compiuto per lo stretto di Magellano, le coste della California, le isole Molucche e il Capo di Buona Speranza. Fu soltanto anch'esso dopo 3 anni, che il 3 novembre 1580, il Drake toccò di nuovo il suolo inglese, dove portava i pomi di terra', anteriormente ignoti all'Europa.

Il terzo viaggio fu compiuto da Tommaso Cavendish (21 luglio 1586 — 9 settembre 1588) partito da Plymouth, dove fece anche ritorno.

Il quarto viaggio, ch'è quello dell'olandese Schouten (1615), comincia la serie dei viaggi compiuti intorno al globo nel secolo XVII, i quali non furono meno di cinque e fra essi celebri quelli dell'inglese Guglielmo Dampier (1686-1691; 1699-1701 e 1708-1711).

Il secolo XVIII vide 22 viaggi intorno al globo, compresi i tre celeberrimi di Giacomo Cook (1768-1671; 1772-1775; 1776-1780) (3).

Il secolo XIX ne conta ben oltre a una quarantina e fra essi noteremo quello della pirocorvetta italiana *Magenta* (1865-68) del quale viaggio si possiede la bella relazione del Giglioli (4), e quello della corvetta, pure italiana, *Vettor Pisani* (1871-73).

Uno fra i viaggi più singolari intorno al globo, condotto a termine con scarsissimi mezzi, e per mare e per terra, mediante trasporti diversi, e parte ancora fatto a piedi, fu quello che il calabrese Francesco Gemelli Careri compiva tra il 1693 e il 1698 (5).

(1) Vedi i **Prospetti XXIV** e **XXV**. Vedi pure in proposito STEINHAUSER A., *Ueber die Aussichtsweite von hohen Bergen,* in *Der Tourist,* 14 Jahrgang, 1882, pag. 1.

(2) Analogamente la geometria c'insegna a calcolare esattamente la superficie della calotta visibile da una data altezza. Senza grave errore essa nel più dei casi può essere dedotta semplicemente dalla lunghezza del raggio visuale considerando che il circolo d'orizzonte chiuda una superficie piana. Pel m. Bianco (Fig 137) l'orizzonte geometrico si stende su 353 mila e il fisico su 407 mila chilom. quadr.; pel m. Venda le due superficie sono rispettivamente estese 24,300 e 28 mila chil. quadr.

(3) La frase *El mundo es poco, — il mondo è piccolo,* — che Cristoforo Colombo scriveva dalla Giamaica ai reali di Spagna, in data del 7 luglio 1503, non va intesa in senso allegorico; realmente egli reputava con Tolomeo assai più piccola la Terra di quanto noi crediamo oggidì.

(1) *Giornale di viaggio di un pilota genovese addetto alla spediz. di Ferdinando Magellano, publ. da* L. HUGUES, Genova, Sordomuti, 1881. A bordo vi si trovavano altri tre genovesi.

(2) Vedila sotto il titolo di *Primo viaggio intorno al globo terracqueo,* ecc., pubblicata dall'Amoretti a Milano nel 1800. Confr. ancora la bibliografia in *Biografia dei viaggiatori italiani,* ecc., per P. AMAT DI S. FILIPPO, Roma. Soc. geogr. 1882, pag. 257.

(3) Il 2.° viaggio di Cook fu la prima circumnavigazione condotta da ovest verso est.

(4) GIGLIOLI HILLYER ENRICO, *Viaggio intorno al globo della pirocorvetta Magenta.* — Milano, Maisner e Co. 1875.

(5) Vedine la bibliografia nella citata *Biografia dei viaggiatori italiani,* a pag. 467.

Digitized by Google

Adesso un viaggio intorno al globo è diventata una cosa da nulla, sì che non passa anno che bastimenti commerciali o navi baleniere non ne intraprendano alcuno, senza che valga la pena di tenerne conto. Anzi, mercè lo sviluppo della navigazione a vapore e delle ferrovie, oggigiorno si può calcolare, che, se non un uomo (e ciò a motivo delle sofferenze fisiche alle quali andrebbe soggetto), almeno un pacco o una lettera potrebbe compire il giro del mondo in circa 80 giorni. Eccone il dettaglio: da Southampton (Inghilterra) a New York 11 giorni, da New York a S. Francisco di California colla ferrovia 7 giorni, da là a Jocohama 21 giorni, e poscia ad Honcong altri 6 giorni, da Honcong a Calcutta 12 giorni, da Calcutta a Bombay per terra 3 giorni, da là a Porto Said 14 giorni e finalmente da Porto Said a Southampton, parte traverso il Mediterraneo e parte in ferrovia da Brindisi pel Cenisio a Calais, in altri 6 giorni.

Però di viaggi intorno al globo veramente notevoli e importanti o per scoperte o per ricerche scientifiche, la storia della geografia in complesso non ne annovera molti più di una settantina.

Tutte le argomentazioni, che si potevano trarre dai fatti e dalle osservazioni finora passate in rassegna, conducevano alla conclusione della rotondità del globo; ma senza dare un' idea esatta della sua vera forma, e delle sue dimensioni, anzi senza nemmeno dar facoltà di concludere che la Terra presentasse una figura veramente geometrica. La soluzione di questo secondo problema, di ordine più elevato e di trattazione più difficile, impiegò dei secoli e si ottenne con metodi differenti, i quali condussero a risultati di approssimazione grandissima, se non assolutamente completa.

Siffatti metodi possono essere o *geodetico-astronomici*, come quello della misura del grado, o *fisici*, come quello delle oscillazioni del pendolo, o finalmente *matematici* ed *astronomici*, come quello dedotto dallo studio delle ineguaglianze lunari.

Del metodo fisico non è a ricercare l'origine in tempi remoti, sapendo che la scoperta del pendolo, o meglio dell' isocronismo delle sue oscillazioni, rimonta soltanto a Galileo, e lo stesso dicasi del metodo puramente astronomico, che richiede osservazioni e calcoli delicati e ignoti agli antichi.

Il metodo geodetico consiste in una vera e diretta investigazione della forma e grandezza della Terra. Siccome poi la Terra non è praticabile in tutte le sue parti, e risulterebbe lungo, penoso e dispendiosissimo estendere la misura a tutta la sua superficie, così le varie operazioni che costituiscono la misurazione vengono necessariamente limitate ad una o a più regioni, e dai risultati parziali si deducono quindi la forma e le dimensioni dell'assieme. Se supponiamo per un momento che la figura della Terra sia perfettamente sferica, la incognita delle dimensioni risulterà dal conoscere il suo raggio, ovvero, siccome l'interno della Terra è inaccessibile, una delle sue massime circonferenze. Essendo incompatibile coi mezzi umani anche la misura di un' intera circonferenza massima della sfera terrestre, sarà d'uopo ricorrere a conoscere una sua parte, e sapendo come ogni circonferenza si divida in 360°, sarà sufficiente di avere la lunghezza di uno fra questi gradi per avere le dimensioni del circolo massimo, del raggio e della sfera.

Questo principio elementare per la ricerca delle dimensioni della Terra, già escogitato da Erastotene 180 anni av. Cr., ridusse il grande problema alla forma più semplice della *misura del grado*. Dapprincipio, come vedemmo, esso era diretto soltanto a conoscere la grandezza della Terra; ma dal momento che, nel 1672, il pendolo, portato dal Richer presso l'equatore, alla Cayenne, battendo le sue oscillazioni più lento che non a Parigi, tradiva una maggiore distanza di quel punto dal centro di attrazione terrestre, e quindi faceva arguire che la Terra avesse una forma non esattamente sferica, la misura del grado non fu diretta soltanto a conoscere le dimensioni del globo, ma sì ancora la sua vera figura.

Difatti, dato che la superficie terrestre disti dal centro più all' equatore che non ai poli, ogni meridiano terrestre avrà una forma di curva ad assi disuguali; massimo l'equatoriale, minimo il polare; eventualmente una forma elittica. Ora i gradi della elissi e peggio ancora quelli di una curva più differente dalla circonferenza di circolo, non hanno già tutti un eguale sviluppo lineare, ma presentano la loro massima lunghezza presso l' estremità dell'asse minore, la loro minima lunghezza presso quelle dell'asse maggiore, offrendo ancora da un punto all' altro della curva una graduale diminuzione in lunghezza, facile a determinarsi una volta che si conosca il valore degli assi. Quindi il problema della forma della Terra subì ancora una modificazione e dovette basarsi sulla determinazione della grandezza di almeno due gradi di meridiano (o gradi di latitudine) presi a latitudini diverse e possibilmente uno presso all'equatore e l'altro presso al polo. È naturale che, se invece di un solo grado, si può avere la mi-

Digitized by Google

sura di parecchi gradi consecutivi sotto paralleli diversi, e se alle grandezze di questi gradi del meridiano si possono ancora aggiungere quelle dei gradi di longitudine, che si misurano o sull'equatore o sui minori circoli paralleli, la soluzione del problema acquista in esattezza e in precisione.

La sua principale incognita da ultimo si riduce al rapporto fra i due assi del meridiano terrestre, e quindi supponendo tutti i meridiani eguali fra loro, al rapporto tra i due assi, massimo e minimo, dello *sferoide* o dell'*elissoide terrestre di rivoluzione*, figura che, giusta una seconda approssimazione, come già accennammo, è quella che sembra spettare alla Terra. Tale rapporto è noto sotto il nome di *schiacciamento terrestre*, o *schiacciamento polare*.

La storia del problema che concerne la forma e le dimensioni del nostro globo è troppo importante ed istruttivo perchè noi ne defraudiamo i lettori; ma, d'altra parte, la sua completa trattazione implica uno sviluppo alquanto maggiore di quanto lo consentano le proporzioni di questa parte dell'opera. Quindi rimettendo ad altro momento (1) un più ampio sviluppo di quanto concerne la misura del grado, ci limitiamo qui ad accennare le conclusioni, alle quali son pervenuti gli scienziati che si occuparono del vitale problema.

Tuttavia prima di esporre tali conclusioni, daremo un cenno sugli altri due metodi che conducono alla conoscenza della forma terrestre, perchè entrambi son troppo legati cogli argomenti che seguono, per poter loro assegnare un posto separato.

Il lettore conosce cosa sia un pendolo. Esso sa che Galileo, fin dal 1582, sperimentalmente scopriva e nel 1589 enunciava le leggi fondamentali delle sue oscillazioni in questa forma: — 1°. la durata delle oscillazioni di un pendolo è sensibilmente la stessa, qualunque sia la loro ampiezza, purchè sia piccola; 2°. le durate delle piccole oscillazioni di diversi pendoli stanno fra loro nel medesimo rapporto che le radici quadrate delle loro lunghezze. Lasciamo la questione se la prima di queste leggi, nota anche sotto il nome d'*isocronismo del pendolo*, fosse o meno conosciuta prima di Galileo e propriamente dagli Arabi, e se a lui o ad altri spetti il merito di averla per primo applicata alla costruzione degli orologi. Certo è ch'essa dopo di lui veniva generalmente accettata dagli scienziati e dai dotti.

Nel 1672 poi, per iniziativa di Gian Domenico Cassini da Perinaldo (contea di Nizza), la sezione di Geografia da poco sorta in seno all'Accademia di Francia, incaricava l' astronomo Giovanni Richer di recarsi alla Cayenne (Guiana Francese)

(1) Vedi **Appendice I.** *La misura del grado.*

per praticarvi delle osservazioni celesti e verificare se a quella latitudine (4° 56′ N.) le oscillazioni del pendolo concordassero con quelle compiute a Parigi (48° 50′ N.). Durante la dimora ivi fatta, il Richer riconobbe come lo stesso pendolo che a Parigi batteva i secondi, alla Cayenne andasse più a rilento e precisamente tardasse di 2m28s nelle 24 ore. Egli dovette accorciarlo di $^5/_4$ di linea (millimetri 2.82) perchè segnasse i secondi come a Parigi.

Il fatto non era esplicabile se non supponendo la gravità minore presso l' equatore che non alla latitudine di 48° 50′, e quindi venendo alla conseguenza di dover attribuire alla Terra una forma non perfettamente sferica.

Le asserzioni del Richer non vennero però accettate così di leggieri. Nuovi sperimenti compiuti all'Aja, a Londra, a Lione, a Copenaghen, a Bologna, causa forse la poca differenza in latitudine, davano risultati contradditorî tra loro; sicchè per arrivare ad una conclusione, parve necessaria una nuova spedizione nelle regioni equatoriali, quella del Deshayes e del Varin all'isola di Gorea (14° 39′ N.), presso il Capo Verde. Quantunque questa spedizione desse risultati analoghi a quelli ottenuti dal Richer, e quantunque il Newton nel 1687 e l' Huyghens nel 1690, argomentando dall' esame delle leggi dell'attrazione, ovvero dallo studio della forza centrifuga, venissero alla conclusione di uno schiacciamento polare eguale, secondo il primo ad $^1/_{230}$ e secondo l'ultimo ad $^1/_{578}$ dell'asse maggiore, parecchi astronomi e geografi francesi, fra altri il Picard, il Cassini e il d'Anville, dubitavano ancora o addirittura negavano. Anzi il Cassini, in seguito alla propria misura del grado, nel 1713 si pronunciò pel concetto di uno schiacciamento equatoriale e di un conseguente rigonfiamento polare. Fu solo in seguito alle nuove misure di grado nella Lapponia e presso Quito che lo schiacciamento polare fu definitivamente ammesso e che l'Accademia di Francia credette di poter sanzionare il motto magistrale « *la Terre est aplatie* », pronunciato nel 1742 dal suo segretario Mairan, quasi a chiusa formale dell' analoga discussione sorta fra i componenti l'illustre consesso in merito al grande problema.

Dacchè si riconobbe il valore che le osservazioni sul pendolo potevano avere per la determinazione della forma della Terra, esse si ripeterono qua e là, moltiplicandosi maggiormente nel secolo decorso, e sopratutto in questo. Noi Italiani poi non possiamo lasciar andare in dimenticanza le osservazioni, tra il 1789 e il 1794, istituite sotto la direzione del toscano Alessandro Malaspina comandante della *Descubierta* e dell'*Atravida*, le due navi allestite dal governo spagnuolo per un grande viaggio d'esplorazione intorno al globo (1). Odoardo Schmidt qualche anno appresso, avendo

(1) Branca G., *Storia dei viaggiatori italiani*, Torino, Paravia, 1873, pag. 310; — Amat di S. Filippo P., *Biografia dei viagg. italiani*, citata, pag. 310; — Humboldt, *Cosmos*, IV. pag. 130.

Digitized by Google

calcolato separatamente dalle altre osservazioni sul pendolo fatte durante questo viaggio, quelle riguardanti le 13 stazioni dell'emisfero meridionale, ne ricavò uno schiacciamento di $\frac{1}{280}$ circa, che accordandosi a sufficienza con quello di $\frac{1}{284}$ dedotto dalla misura del grado del Lacaille (Capo di Buona Speranza), accreditò l'idea, più tardi abbandonata, che quell'emisfero fosse più schiacciato del settentrionale.

Il maggior numero delle osservazioni sul pendolo tuttavia furono compiute tra il 1817 ed il 1838, cioè cominciando da quelle del Freycinet e seguitando con quelle dell'Arago e Biot, del Kater, del Goldingham, del Duperrey, del Lütke e del Foster, forse superati tutti da Edoardo Sabine, sicchè le stazioni di osservazione in quello stesso periodo non ammontarono a meno di settanta, diffuse, si può dire, su tutta la faccia del globo. Le discussioni e i calcoli delle varie osservazioni occuparono fisici ed astronomi distinti quali lo Schmidt, il Baily, il Gujot, il Fischer ed altri, e noi ne vedremo gli ultimi risultati.

Prima però ci conviene un istante arrestarci ad esaminare in qual modo e perchè la durata delle oscillazioni del pendolo, debba essere varia alle varie latitudini e quindi possa fornire un criterio per la determinazione della forma del globo.

Noi sappiamo che la velocità di caduta del pendolo dipende dall'attrazione terrestre, e memori della legge neutoniana che la gravità agisce in ragione inversa dei quadrati delle distanze, sappiamo ancora che, se noi ci allontanassimo dalla Terra, le oscillazioni del pendolo sarebbero più lente appunto secondo il rapporto dei due quadrati della prima e della seconda distanza dal centro di attrazione. Questo fenomeno si verifica anche semplicemente salendo sopra un'alta montagna. E del pari deve verificarsi se noi proviamo uno stesso pendolo ai poli e all'equatore, nel caso che veramente la Terra abbia una forma sferoidale. Diffatti lo stesso pendolo che al Sabine a quasi 80° N. (Spitzberg) dava in un giorno solare 86483 oscillazioni, a Parigi (circa 49°) non ne dava che 86388 e a Maranham, nel Brasile, a 3° S., ne dava 86259. Quindi per avere un pendolo che batta veramente i secondi, ossia che dia 86400 oscillazioni in un giorno medio solare, bisogna assegnargli una lunghezza diversa e sempre minore andando dal polo all'equatore. Secondo i recenti calcoli del Listing la lunghezza di un pendolo a secondi dovrebbe essere:

al polo	=	990.99	millimetri;
a 45°	=	993.57	» ;
all'equatore	=	996.15	» ;

il che fra il polo e l'equatore arrecherebbe una differenza di millimetri 5.1547.

Secondo le leggi della meccanica, questa differenza mostrerebbe che la intensità della gravità varia dal polo all'equatore in modo che, supponendo il suo valore alla latitudine di 45° eguale a 9.806, essa sarebbe

al polo	=	9.832;
all'equatore	=	9.781;

donde una differenza di 0.0052, ovvero di $\frac{1}{192.25}$ tra l'intensità della gravità del polo e all'equatore.

Sarebbe però in errore chi volesse dedurre soltanto dal rapporto fra le intensità della gravità lo schiacciamento terrestre. La diminuzione della gravità andando dal polo all'equatore in parte proviene dalla forma sferoidale del globo; ma in parte proviene da un'altra causa: la rotazione della Terra intorno al proprio asse.

Della rotazione terrestre avremo occasione di discorrere più a lungo in appresso; ma, siccome anche la sua esistenza è oggimai una fra le verità scientifiche diventate d'ordine comune e universalmente riconosciute, noi la possiamo supporre come già dimostrata. Ora, noi sappiamo non soltanto come ogni moto rotatorio dia origine alla forza centrifuga, ma come eziandio questa forza cresca, a mano a mano che si aumenta la velocità di rotazione. Supponendo che il tempo impiegato a compiere una rotazione intera rimanga costante, la velocità si accrescerà in ragione diretta del raggio di rotazione (1). È facile quindi comprendere che, rotando la Terra intorno ad un asse, mentre tutti i suoi punti compiono il loro giro intorno all'asse stesso nel medesimo tempo, cioè in 24 ore, le circonferenze descritte dai varî punti non sono eguali, ma sono nulle ai poli, minime nella loro vicinanza e massime all'equatore. Quindi la velocità di rotazione andrà sempre aumentando come ci avviciniamo a quest'ultima linea, dov'essa sarà massima. Analogamente andrà aumentando la forza centrifuga (2), che, nulla al polo, avrà un considerevole valore sotto la linea equinoziale. Ora la forza centrifuga che tende a far scappare secondo la direzione tangenziale le molecole del corpo in rotazione, si oppone più o meno direttamente alla gravità. Essendo stata quindi paragonata la forza centrifuga alla gravità stessa all'equatore, essa appare eguale a 0.003467 la gravità, ovvero ad $\frac{1}{288.42}$ di quest'ultima. La gravità all'equatore, in grazia della forza centrifuga, resta dunque diminuita di circa $\frac{1}{288}$ del proprio valore, e siccome la forza centrifuga cresce in ragione del quadrato dei raggi di rotazione e siccome il 17 è

(1) D'onde la formola: *la velocità è uguale alla circonferenza del circolo divisa pel tempo T, impiegato a descriverla,* o matematicamente:

$$v \text{ (velocità)} = \frac{2\ r \text{ (raggio)}}{T}$$

(2) Secondo la nota formola: *la forza centrifuga (f) è uguale al quadrato della velocità (v) diviso pel raggio (r) del circolo,* o matematicamente:

$$f = \frac{v^2}{r}$$

Digitized by Google

la radice quadrata di 288, sarebbe sufficiente un aumento di 17 volte nel raggio, e quindi nella velocità equatoriale di rotazione, per ridurre ivi a zero la gravità. Un corpo lanciato nello spazio si perderebbe nello stesso, senza ricadere più sul suolo terrestre.

Le oscillazioni del pendolo ci avvertirono che la differenza nella intensità della gravità fra il polo e l'equatore sale veramente ad $\frac{1}{192.25}$. Però adesso che sappiamo come una parte di questa differenza, cioè $\frac{1}{288.42}$, sia dovuta alla forza centrifuga, basterà sottrarre questa frazione dalla prima per sapere quanta parte della diminuzione si debba veramente attribuire alla forma elissoidale della Terra. Il risultato di questo piccolo computo aritmetico darebbe a questa diminuzione il valore di $\frac{1}{576.57}$.

Non è però sviluppando le conseguenze di questa ultima determinazione, che dalle oscillazioni del pendolo si suol trarre il valore dello schiacciamento terrestre; ma bensì servendosi del teorema del Clairaut, secondo il quale: lo schiacciamento terrestre, sommato col rapporto dell'aumento della forza di gravità dall'equatore al polo, è eguale a 2 volte e $^1/_2$ il rapporto tra la forza centrifuga all'equatore e la gravità su questa medesima linea. Svolgendo matematicamente questa formola si finisce coll'avere uno schiacciamento terrestre eguale a 0.003466, cioè eguale ad $\frac{1}{288.48}$.

Il valore di $\frac{1}{288.48}$, dato allo schiacciamento terrestre, risulta da una media di molte determinazioni fatte mediante il pendolo. Ma se si considerano i risultati di singole osservazioni, si attingono delle differenze rilevanti. Ciò in parte deriva dalle formole ancora non sicurissime, che si adoperano in tali calcoli, e in parte dalla supposizione che l'interno della Terra sia costituito da una massa omogenea, ovvero fornita di densità proporzionalmente decrescente dal centro alla periferia. Questo certamente non è. La materia del sottosuolo terrestre presenta densità diversissime, che si palesano ancora nelle determinazioni geodetico-astronomiche del grado mediante notevoli deviazioni del filo a piombo. Alla stessa superficie del globo la diversa distribuzione delle parti liquide e delle solide e l'agglomeramento di queste ultime in masse continentali più o meno elevate, esercitano un'azione perturbatrice sopra tali osservazioni. Ma a favore di questo metodo vuolsi avvertire come le osservazioni sul pendolo si possono agevolmente compiere non soltanto sopra tutta la parte asciutta del globo, ma altresì sopra la vasta distesa dei mari, cioè sopra enormi estensioni, o totalmente (come gli oceani), o in parte rilevante (come le regioni più aspre e meno civili) sottratte alle misure geodetiche del grado Ond'è, che alla sosta, seguita al periodo di gran favore per simili osservazioni che precedette il 1840, adesso sta ancora per succedere una grande diffusione di osservazioni uniformi, metodiche e diligentissime sul pendolo, a controllo e a riprova delle deduzioni che intorno alla forma e alle dimensioni del geoide si ricavano mediante altri metodi.

Dei quali accennammo ad uno esclusivamente matematico ed astronomico: quello delle ineguaglianze lunari. Per comprenderlo interamente, sarebbe mestieri che noi avessimo già studiato alcuni dei movimenti terrestri e precisamente quello della *precessione degli equinozî* e quello della *nutazione*. Ci basti per ora sapere che tali movimenti, o forse meglio, modificazioni del moto di rotazione terrestre sono prodotte: la prima da una doppia azione del sole e della luna, la seconda da un'azione soltanto lunare, ma tutte e due operanti sopra il rigonfiamento equatoriale. Se la Terra fosse perfettamente sferica, non avrebbero luogo nè il movimento secolare retrogrado che produce la precessione degli equinozî, nè il bilanciamento dell'asse che in 18 anni le fa provare la luna. Ma la Terra è schiacciata ai poli e rigonfia all'equatore, e questo rigonfiamento subisce un'attrazione speciale, come se un anello la cingesse all'ingiro lungo la zona equatoriale. L'attrazione esercitata sulle molecole che costituiscono siffatto rigonfiamento, ritarda il moto di rotazione, e, grazie allo spostamento dei due astri ora a nord ora a sud dell'equatore, genera le due modificazioni accennate. Esse però non si rilevano tanto sul globo, quanto sugli astri stessi, nel moto apparente dei quali producono delle ineguaglianze, ed è appunto sulla determinazione della ineguaglianza lunare proveniente dalla nutazione, che si basa il metodo di cui discorriamo. Ora tale ineguaglianza si può determinare esattamente, e quindi arguendo dall'entità dell'effetto l'entità della causa, ci è dato di risalire a valutare questa, che noi sappiamo consistere nel rigonfiamento equatoriale. Fu argomentando in questa guisa che il Laplace pose il problema del ricavare la incognita dello schiacciamento mediante un metodo, che non esige nuovi sperimenti di-

Digitized by Google

retti, ma si basa unicamente sulla speculazione e sul calcolo. Per quanto ingegnoso esso sia e per quanto le conclusioni alle quali giunse il Laplace, cioè di uno schiacciamento di $\frac{1}{306}$, si scostino di non molto da quelle ricavate con altri metodi, tuttavia non giova affidarsi completamente ad esso, massime dacchè il Biot affermava, come la determinazione dello schiacciamento terrestre mediante i moti lunari, può dare dei risultati oscillanti fra gli estremi di $\frac{1}{304}$ ed $\frac{1}{578}$.

Certamente, se da questo metodo si potesse ripromettersi una perfetta esattezza, esso sarebbe preferibile a tutti, come quello che sugli altri presenta due enormi vantaggi: l'uno sta in ciò ch'esso è applicabile da un scienziato, senza che questi abbia bisogno di uscire dal proprio gabinetto, — e l'altro che invece di offrire una serie di elementi riguardanti la forma che il geoide presenta in varî luoghi, dà addirittura, sulla base di un calcolo da tavolino, la forma *media* del globo.

Raggruppando, discutendo e coordinando opportunamente i risultati delle molteplici misure del grado, escludendo i meno sicuri o i più controversi, controllandoli coi risultati avuti dalle osservazioni sul pendolo, gli scienziati hanno fatto camminare l'importante problema, in modo che adesso si può dire di conoscere con approssimazione assai grande la figura della Terra. Per molti anni si ritennero come fondamentali i valori ottenuti in seguito alla grande misurazione della meridiana francese, impresa deliberata nell' 8 maggio 1790 dalla Convenzione Nazionale, perchè se ne traesse un nuovo sistema di pesi e di misure, tali che l'unità fondamentale presentasse un rapporto semplice colle dimensioni terrestri. Tali valori attribuivano alla Terra uno schiacciamento di $\frac{1}{334}$ e alla quarta parte del suo meridiano una lunghezza di tese 5,130,740, pari a 10 milioni di metri (1), e perciò all'asse equatoriale quella di 6,374,739 m. e al polare quella di 6,356,650 metri. Quindi, senz' arrestarci adesso a fare la critica di questa e di altre misure, e nemmeno a rifare la storia del sistema metrico e ad esporre le ragioni per cui esso non corrispose al concetto fondamentale della sua determinazione (1); fra i risultati dei molti lavori riassuntivi, compiuti in questo secolo dai dotti per ricavare gli elementi dell' elissoide terrestre, diremo com' ebbero per parecchi anni fortuna quelli che nel 1830 otteneva e nel 1849 pubblicava l'inglese Airy (2); ma più dei suoi o di quelli dello Schmidt, e del Biot o del Fischer, ebbero credito fra gli scienziati gli elementi che il Bessel dal 1836 al 1841 ricavava, discutendo e calcolando ben 10 misure di grado fra le meglio esatte. Nel 1842 egli rifece ancora il lavoro, servendosi di recenti correzioni introdotte nella misura del grado francese, e i risultati così corretti, sviluppati più tardi dall' Encke (3) e dal Wagner (4), stanno da 40 anni tuttavia a base degli elementi dello sferoide terrestre. Forse adesso, in seguito alle recenti misure di grado, essi pure andrebbero alquanto modificati; ma noi confessiamo, che piuttosto di arrischiarci ad ammanire ai lettori dei dati, a favore dei quali più che la sanzione della scienza stia il merito della novità, crediamo di preferire a tutti gli altri ancora quelli ch' esponiamo e che hanno a loro vantaggio il battesimo di un nome come quello del Bessel, e un consenso assai largo nel mondo scientifico (5). A questi poi ci atterremo lungo il corso dell' opera; salvo il caso di avvertimenti speciali.

(1) V. l' **Appendice I.** Fu su questa misura che si fissò il *metro* « *vrai et definitif* », che fu poi base del sistema metrico. Il *metro* veniva a corrispondere a 0 tese, 3 piedi, 0 poll., 11 lin., 296 rispetto alla cosldetta *tesa del Perù*. O in altre parole il *metro* ebbe questo ragguaglio colle misure anteriori:

1 m. = 0.tese 513074074
1 tesa = 1.m. 949 0363098.

(1) V. **Appendice I.**

(2) *Figure of the Earth*, in *Encyclopædia metropolitana*, 1849, p. 220. Eccone i tre dati principali:

	p. ingl.	metri
semiasse equat.	20,923,713	6,377,432
» polare	20,853,910	6,356,126
differenze . .	69,803	21,306
schiacciamento	$\frac{1}{299.33}$	

(3) *Berliner Astronom. Jahrb.*, 1852, pag. 322 e seg.

(4) WAGNER HERMANN, *Die Dimensionen der Erdsphäroids* ecc., in *Geograph. Jahrbuch.*, III, pag. IX. Da questo prendo il prospetto che segue nel testo.

(5) Non possiamo però dire un consenso unanime. Diffatti l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, invece di quelli del Bessel, presenta gli elementi dello sferoide terrestre quali risultarono al Clarke ed al Faye.

Aggiungasi che avendo qualche anno fa il chiarissimo astronomo Fergola ripresa la discussione di tale problema (*Atti della R. Accademia delle scienze fis. e matem.*, Vol. VII., Napoli, 1877, N. 7), servendosi di 41 misure di grado, ottenne dai propri calcoli dei valori più prossimi a quelli del Clarke (*Ann. du Bureau*), che non a quelli del Bessel. Ecco un confronto fra i varî elementi:

	Bessel	Clarke	Fergola
Semiasse eq.	6,377,397	6,378,253	6,378.365
» pol.	6,356,079	6,356,521	6,356,767
Schiacciam.	$\frac{1}{299.15}$	$\frac{1}{293.5}$	$\frac{1}{295.3}$

Digitized by Google

DIMENSIONI DELLO SFEROIDE TERRESTRE SECONDO I COMPUTI DEL BESSEL (1).

1. Rapporti di assi.

	metri
Semiasse equatoriale (a)	6,377,397.156;
» polare (b)	6,356,078.963;
differenza	21,318.193;
media *aritmetica* fra i tre assi $\left(\frac{2a+b}{2}\right)$ (c)	6,370,291.1 ;
raggio di una sfera di *superficie* (2) eguale a quella dello sferoide terrestre (d)	6,370,289.5 ;
raggio di una sfera di *volume* eguale a quello dello sferoide terrestre (e)	6,370,283.2 .

2. Rapporti di circonferenza.

a) Circonferenza equatoriale	40,070,368.11 ;
b) » polare	40,003,423.04(3);
differenza	66,945.07 ;
c) lunghezza del *massimo* grado del meridiano (fra 80° e 90° di latitudine)	111,679.782;
d) lunghezza del grado equatoriale	111,306.578;
e) » » » di una sfera avente:	
α) per raggio medio la *media aritmetica* fra i tre assi	111,167.114;
β) la stessa *superficie* dello sferoide terrestre	111,167.086;
γ) lo stesso *volume* » » »	111,166.976;
f) lunghezza del grado *medio* del meridiano	111,120.620;
g) » » » *minimo* » » (fra 0° e 1° di latitudine)	110,563.790;
differenza fra il grado massimo (c) e il minimo (g)	1,115.992;
h) lunghezza del tropico (23° 27′ 30″ di latitud.)	36,777,999.5 ;
i) » » circolo polare (66° 32′ 30″ di latitud.)	15,996,280.1 ;
j) distanza fra il tropico e l'equatore ovvero arco di meridiano compreso fra tali due circonferenze	2,595,043.8 ;
l) distanza fra il circolo polare e l'equatore	7,382,490.4 .

3. Rapporti di superficie.

	chilom. quadr.	per 100 del totale
a) Superficie della zona torrida	202,240,184	39.658;
b) » delle due zone temperate	265,230,956	52.011;
c) » » » » glaciali	42,479,573	8.330;
d) » complessiva del globo	509,950,714	99.999;
e) » di un fuso sferico della larghezza di 1 grado	1,416,529.8.	

4. Rapporto di volume.

chilometri cubici

Volume dello sferoide terrestre: 1,082,841,315,400, cioè in numeri tondi 1083 miliardi di chilometri cubici.

5. Schiacciamento polare.

Schiacciamento polare: $\frac{1}{299.152818}$, con errore probabile di $\pm$ 3.148 unità e quindi oscillante fra i valori di $\frac{1}{302.301}$ ed $\frac{1}{296.005}$.

(1) Vedi poi questi stessi elementi maggiormente sviluppati per comodo degli studiosi nel **Prospetto XXVI.**

(2) Il lettore mediocremente colto in geometria non ha d'uopo di ulteriori schiarimenti per comprendere come per avere due sfere, una di superficie e l'altra di volume eguali allo sferoide terrestre non sarebbe esatto costruirle con un raggio pari alla media aritmetica dei tre assi (c). Con tale raggio esse avrebbero una superficie e un volume alquanto maggiore di quello offerto dallo sferoide terrestre. Quindi la ricerca dei raggi d ed e, che servono per problemi particolari specialmente cartografici o meccanici.

(3) Dond'è facile arguire che il *metro « vrai et definitif »*, base del sistema metrico e da noi comunemente usato, non è già la 10milionesima parte del quadrante di un meridiano. Questo quadrante è lungo metri 10,000,855.76, quindi il metro attuale è alquanto più breve della sua 10milionesima parte. Per ridurlo a rappresentare esattamente una tale frazione, sarebbe d'uopo allungarlo di 0 m. 00009.

Digitized by Google

Accettando i dati precedenti, alla Terra si deve riconoscere una figura sferoidale, avente per raggio medio **6370** chilom., e per circonferenza meridiana **40003** chilometri. Quando accennammo come, servendosi dei più veloci mezzi di trasporto, un uomo possa compiere il giro del globo in 80 giorni, non intendemmo ch'esso seguisse un circolo massimo dello sferoide, anzi necessariamente dovemmo supporre che il viaggiatore imaginario seguisse una linea a zig zag. Per comprendere la grandezza del globo, supponiamo per un momento che una linea ferroviaria, quasi un circolo massimo, circuisse la Terra andando da un polo all'altro. Lanciata su quella linea una locomotiva colla velocità veramente notevole di 60 chilom. all'ora, essa dovrebbe correre incessantemente 27 giorni, 18 ore e $^3/_4$ per compiere il giro della Terra. Lo stesso giro sarebbe compiuto quasi 7 volte e $^1/_2$ in un minuto secondo dalla luce; la palla di una delle nostre grosse artiglierie del *Duilio*, se potesse mantenere costantemente la velocità iniziale di 560^m. al secondo, per compiere una sola volta tal giro, vi impiegherebbe ben 19^{ore} 50^m. e $^1/_2$; finalmente un pedone che potesse mantenere una velocità di 6 chilom. all' ora e camminasse 10 ore al giorno, non consumerebbe meno di un anno e 10 mesi nella lunga peregrinazione.

Quello schiacciamento di $\frac{1}{299}$ circa rappresenta del resto una deviazione assai piccola dalla forma esattamente sferica, ed esso sarebbe difficilmente e forse nulla affatto apprezzabile, se noi ci portassimo a contemplare la Terra da qualche astro, fosse anche la luna, o Marte, o Venere, i corpi più prossimi a noi.

Qualora si riproducesse l'effetto di un tale schiacciamento in una sfera artificiale, nell'intenzione di attribuirle una forma simile alla nostra Terra, nessuno si accorgerebbe di osservare uno sferoide invece di una sfera perfetta. Dando 1 metro di diametro equatoriale ad un globo siffatto, l'asse polare dovrebbe avere la lunghezza di metri 0.9967, cioè appena 3 millimetri e $\frac{1}{3}$ meno di quello.

Al quale proposito giova ancora di osservare che, nè la incertezza dalla quale è affetto il dato dello schiacciamento ora esposto, e nemmeno incertezze di gran lunga maggiori, porterebbero modificazioni molto rilevanti alla figura del globo. Lo schiacciamento di $\frac{1}{299}$ arreca una differenza fra i due semiassi di 21318 m., e noi sappiamo che nessuno degli ultimi e più accreditati calcoli offre la conclusione di depressioni polari maggiori di $\frac{1}{280}$, nè minori di $\frac{1}{310}$. Ora la differenza fra i due semiassi risulterebbe eguale, con quello a m. 22776, con questo schiacciamento a m. 20572, con un divario di appena 2 chilom. e $^1/_5$ fra le due differenze.

Però sarebbe una grave omissione il passare sotto silenzio non soltanto come i dotti non si sieno acquietati al concetto della forma sferoidale del globo, che risulta dagli elementi del Bessel; ma come vi sieno stati ancora dei veri tentativi di determinare la forma del geoide, giudicando l'equatore stesso come una elisse, e mirando a trovarne l'eccentricità. I risultati del primo di questi tentativi, compiuto dallo Schubert, furono pubblicati nel 1860 (1); ma noi non li presentiamo qui (2), perchè l'autore l'anno appresso ritornava sui proprî studî (3), affermando la maggiore probabilità che la forma della Terra sia quella dello sferoide di rivoluzione. Invece il Clarke, che già fin dal 1858 avea esposta la medesima idea, e due anni appresso pubblicava i risultati dei suoi studî, secondo i quali i due assi dell'elisse equatoriale differivano uno dall' altro di 1619^m; riprese ancora i calcoli, modificandoli giusta nuove vedute e la intromissione di nuovi elementi; ma senza abbandonarne il concetto fondamentale. Delle varie sue conclusioni, noi esporremo soltanto i risultati dell' ultima (1878), secondo la quale gli elementi del geoide sarebbero:

	metri
(*a*) massimo semiasse equatoriale	6,378,321.2
(*b*) minimo » »	6,377,856.7
differenza	464.5
(*c*) semiasse polare	6,356,329.7
(*a*—*c*) differenza fra il semiasse equator. maggiore e il polare. . .	21,991.5

Quindi uno schiacciamento polare oscillante fra $\frac{1}{289.5}$ e $\frac{1}{295.8}$, ed uno schiacciamento dell'elissi equatoriale assai piccolo, cioè di circa $\frac{1}{13732}$. Mentre poi il meridiano che traver-

(1) In *Mémoires de l'Académie des sciences de St. Petersbourg* 1860, I, N.° 6, p. 31, 32.

(2) V. però **Appendice I.** DELAUNAY, pag. 733; — HUGUES, pag. 245.

(3) *Astronomischen Nachrichten*, 1861, LV, III.

Digitized by Google

sava l'equatore nel punto del massimo rigonfiamento, secondo le prime deduzioni cascava intorno al 14° e poscia al $15°\frac{1}{2}$ E. da Greenwich e cioè pressapoco corrispondeva al meridiano di Trieste o a quello di Königsberg, e il meridiano che lo toccava nel punto della massima depressione cascava intorno al 104° o al 105° E. e quindi toccava l'isola di Cuba da un lato e l'India posteriore dall'altro; — nelle ultime determinazioni, tali meridiani mutarono posto. Quello che corrisponde all'asse equatoriale massimo dovrebbe cascare alla longitudine di 8° 15 O. da Greenwich (20° 44' O. da Roma) e quindi toccherebbe l'Irlanda, il Portogallo, S. Elena e la N. Zelanda; quello corrispondente al diametro equatoriale massimo passerebbe per Ceylan e taglierebbe quasi per mezzo l'America settentrionale (1).

Sarebbero sufficienti queste incertezze e queste successive modificazioni per far sorgere fortissimo il dubbio sul valore che posseggono i dati, dei quali ora tenemmo parola. Se si ponga poi mente altresì alla brevità di spazio terrestre tuttora abbracciato dalle triangolazioni di precisione per la misura del grado, e alle incertezze e alle differenze tuttora non completamente eliminate nei valori fondamentali degli elementi del geoide, se si tenga inoltre conto delle deviazioni dalla forma strettamente geometrica della Terra, provenienti in causa delle accidentalità orografiche, debbono sembrare alquanto precoci i tentativi di determinare come e quanto esso veramente differisca dallo sferoide di rivoluzione. Essi saranno proficui più come studî e come esercitazioni del pensiero, che per i risultati positivi attualmente derivabili. Ond'è che, almeno per ora e per quanto riguarda tutte o quasi tutte le questioni geografiche, dobbiamo considerare come un'approssimazione assai soddisfacente, quella offerta dagli elementi del Bessel, che già esponemmo.

2. In dipendenza della forma e delle dimensioni terrestri, nonchè dell'azione che la Terra subisce dai corpi celesti e che a sua volta esercita reagendo sopra di essi, sta il problema della sua *densità* (1). La sua soluzione può ricavarsi o mediante ricerche geognostiche o con procedimenti fisici e meccanici.

Noi possiamo anzitutto prender ad esame le roccie che compongono lo strato superficiale del globo e determinare da un lato la densità di ciascuna, dall'altro la diffusione proporzionale che ad ogni categoria di roccie probabilmente spetta. Tale metodo, facile nella sua applicazione analitica, è difficile che conduca ad una sintesi accettabile, sì perchè è quasi impossibile assegnare il rapporto giusto di quantità alle varie roccie, sì perchè, anche se lo potessimo fare per lo strato esteriore del globo, noi finora ne esploreremmo soltanto una parte troppo superficiale, per potere, colla legge dell'analogia, estendere le nostre conclusioni anche agli strati interni e più profondi. Difatti il valore di 2.64, preso per unità quella dell'acqua, che, secondo le determinazioni del Waltershausen, rappresenta la densità media delle roccie componenti la superficie terrestre, e quelli poco diversi offerti da altri dotti (2) e sempre basati sullo stesso metodo, troppo differiscono dai risultati ottenuti per altra via, perchè si possano estendere ad esprimere la densità media del globo.

A migliori e a più concordi risultati conducono i metodi fisici e meccanici, che si basano: 1°) o sull'attrazione laterale che le masse di montagna esercitano sul filo a piombo; 2°) o sulle determinazioni di lunghezza del pendolo a diverse elevazioni rispetto al livello marino; 3°) o finalmente sugli sperimenti istituiti mediante la bilancia a torsione (3).

Già pensato dal Newton, il primo metodo offerse molte occasioni di essere adoperato, non foss'altro per valutare le perturbazioni che le masse di montagna esercitano sul piom-

(1) Al Fergola (Mem. cit.) l'asse minore non risultò coincidere esattamente coll'asse di rotazione terrestre, ma la sua estremità dovrebbe trovarsi a $5'\frac{1}{2}$ dal polo sotto la longitud. 326° O. da Greenwich. Però la differenza fra i due assi è così piccola che il Fergola medesimo (pag. 29) conclude con questa proposizione che cioè: l'asse di rotazione della Terra può riguardarsi come sensibilmente coincidente con quello di figura.

(1) HUMBOLDT, *Cosmos*, I, pag. 157 e 374; IV, pag. 24 175; — HANN, HOCHSTETTER et POCKORNY, pag. 40 e 199; — DELAUNAY, pag. 677; — MÜLLER, pag. 271; — HOUZEAU, pag. 504; — LISTING, pag. 60; — LAPPARENT, *Traité de Géologie*, Paris, Savy, 1883, pag. 48; — NEWCOMB, pag. 72 e seg. — ZÖPPRITZ, *Mittlere Dichte der Erde* in scritti citati e publ. in *Geogr. Jahrb.*, Anno VIII, pag. 10; Anno IX, pag. 4; — *Annuario scient. ed industr.*, Anno XIX, 1882, pag. 92.

(2) A circa 2.6 sec. l'Humboldt, fra 2.5 e 2.8 sec. l'Hochstetter.

(3) Forse a questi metodi un avvenire non lontano potrà aggiungere un altro, cioé quello del cosidetto *batometro*. É uno strumento inventato dal Siemens, e che collocato sopra una nave, può dare con una certa approssimazione la profondità dello strato d'acqua che si trova al dissotto della sua carena, soltanto per l'effetto che sopra una specie di bilancia a spira produce la minore densità della massa acquea confrontata con quella dei continenti. V. in proposito: *Annuario scient. ed industr.*, Anno XIII, 1876, pag. 83.

Digitized by Google

bino, introducendo notevoli errori nelle misure degli archi di grado (1). Tuttavia si può dire che le sole esperienze praticate con questo metodo sieno quelle che il Maskelyne tra il 1774 e il 1776 compieva sul monte Shehallien nella contea di Perth in Iscozia, e quelle, assai più recenti (1856), istituite dal James sul monte Arthur's Seat, presso Edimburgo. Quelle prime, variamente calcolate, diedero all'Hulton valori oscillanti fra 4.95 e 5.31 e al Playfair un risultato medio pari a 4.71; quelle del James danno il valore di 5.32. Per quanto teoricamente sia giusto, questo metodo non può dare risultati precisi, poichè la determinazione della densità media, del volume e del punto ove giace il centro di attrazione di una montagna, è frutto di stima e d'induzione necessariamente incerte.

In base alle leggi della gravità, la lunghezza del pendolo (o, ch'è lo stesso, la durata delle oscillazioni per un pendolo dato) sopra un'altura si può teoricamente calcolare una volta che si conosca l'altitudine del punto di osservazione, cioè la verticale che va aggiunta al raggio terrestre del punto medesimo per conoscere la sua distanza dal centro della Terra. Se però nel determinarlo si tien conto soltanto della diminuzione della gravità per l'altezza, come se la sommità fosse sospesa nel vuoto, il risultato non corrisponderà certamente al valore che verrà dato dalla osservazione diretta, essendochè in quest'ultimo entrerà un elemento non trascurabile, cioè la massa stessa della montagna. La densità terrestre risulterà dalla differenza tra la lunghezza del pendolo voluta dal semplice calcolo e quella osservata. È celebre a questo proposito l' esperienza eseguita nel 1821 dal Carlini sul Moncenisio a circa 2000^m sul mare, mentre il Biot e il Mathieu nei medesimi istanti compievano analoghe osservazioni a Bordeaux e quindi al livello marino (2). Calcolata da lui, da Odoardo Schmidt e dal prof. Giulio di Torino (1841), la densità terrestre apparve successivamente eguale a 4.39, 4.84 e 4.95, valori tutti probabilmente troppo piccoli. Tre anni or sono, nel 1880, la stessa sperienza, fu ripetuta sul Fusijama nel Giappone, cioè sopra una montagna per la forma e per la posizione assai più acconcia del Cenisio a simili osservazioni. Al Mendenhalt, che la eseguì, risultò una densità terrestre pari a 5.77.

(1) V. **Appendice I.**
(2) *Effemeridi astronom. di Milano,* 1824, pag. 184.

Analogamente, lo stesso metodo si può applicare in fondo ad una miniera, qualora sia nota la densità del terreno circostante. Lo esperiva realmente l' Airy nel 1854, nella miniera di Harton (presso South Shields, nel Northumberland), a 383 m. di profondità, e ne otteneva il più grosso valore (6.57, più tardi ridotto dall'Haughton a 5.48 e quindi nel 1872 portato di nuovo dal Folie a 6.44) che finora si sia ricavato per la incognita da noi cercata.

Però ancora il metodo che fin oggi diede i migliori risultati e che anzi va sempre più perfezionandosi è quello della *bilancia a torsione*, noto anche sotto il nome del Cavendish (1797), quantunque questi non abbia fatto se non adoperare tale delicatissimo congegno, già imaginato dal Mitchell e comunicatogli dal Wollaston. Esso si basa sulla determinazione della forza attrattiva che due grosse palle metalliche esercitano sopra due palle di dimensioni assai più piccole, manifestata da un filo pure metallico che a mezzo di una sbarra sostiene le due palle minori e che, sotto tale azione, si torce sopra sè stesso. Conosciuta in tal modo l' attrazione esercitata dalle maggiori sulle sfere minori, ed essendo note la massa e la distanza delle une e delle altre, tale attrazione si può facilmente paragonare a quella che la Terra esercita sulle sfere medesime e ch'è espressa dal loro peso. Ecco quali furono le principali esperienze compiute con questo metodo e i risultati ottenuti secondo:

	dens. della Terra
il Cavendish (1798).	5.48
» » secondo i calcoli di Od. Schmidt (1830).	5.52
» Reich (1838)	5.44
» Baily (1842).	5.66
» Reich, in seguito a nuove esperienze (1852).	5.58
» Cornu e il Baille (1873)	5.56
» Poynting, a Manchester (1878) . .	5.69
» Jolly, a Monaco (1880)	5.692.

L'accordo fra i numeri precedenti, se non è perfetto, è per lo meno assai soddisfacente, e guarentisce la bontà dei risultati. In generale tuttora è assai accreditato fra i dotti il valore di 5.56, che per la densità media della Terra risultava ai signori Cornu e Baille. Giova però avvertire che anche all'ultimo dato di 5.69, dovuto al Jolly, si deve riconoscere un valore assai grande in causa dello strumento perfettissimo, del quale ha fatto uso, sicchè egli attribuisce a quella

Digitized by Google

quantità un errore probabile molto piccolo, cioè appena di ± 0.068.

Accettato però ancora il dato di 5.56 a rappresentare la media densità terrestre, esso non è conciliabile colla densità di 2.6 o 2.7, che dall'esame delle roccie più comuni risulta per la crosta terrestre, senza supporre che la densità del globo vada sempre crescendo dalla superficie al centro. Difatti una densità di 5.56 è doppia della densità del basalto (2.78-3.10), più che doppia di quella del granito (2.63-2.75), delle più compatte lave vulcaniche (2.75), del calcare (1.94-2.68) e della dolomia (2.82-2.85) e in genere delle roccie più diffuse. Solo se l'interno del globo vada composto di metalli assai compatti, i varî valori possono essere conciliabili. Una serie di deduzioni teoriche, confortate anche dalle accennate osservazioni sul pendolo compiute nelle miniere, condussero realmente il Roche (1857) a concludere per una densità centrale eguale a 10.5 quella dell'acqua, cioè, se veramente inferiore a quella del piombo (11.3), superiore d'assai a quella del ferro (7.2-7.8), e paragonabile esattamente a quella dell'argento fuso (10.5) (1).

Già parlando della massa e del peso attribuibili al sole (2), noi dovemmo accennare al *peso* della Terra, che ci risultava di circa 6 mila trilioni di tonnellate, una volta che la densità veniva fissata a 5.56 e il volume a 1083 miliardi di chilom. cubi. Va da sè poi che dal momento in cui noi nè a riguardo delle dimensioni del geoide, nè rispetto alle determinazioni della sua densità media, non abbiamo tenuto conto dell'involucro aereo, che lo circonda, adesso, per avere la somma complessiva del peso della Terra bisognerebbe vi aggiungessimo anche quello dell'atmosfera. Il quale, benchè ammonti a quasi 5300 bilioni di tonnellate, non aumenterebbe neanche di 1 milionesimo l'enorme peso accennato.

3. Dopo quanto abbiam detto, non ci sembra mestieri tornare sulla lotta che il pensiero umano dovette sostenere perchè venisse accettata quella verità fondamentale e solenne, che la Terra ruota intorno al proprio asse. Il movimento uniforme degli astri nello splendido padiglione dei cieli poteva ottenere due spiegazioni, entrambi, a primo aspetto, egualmente valide, cioè: o che il movimento apparente degli astri fosse reale, ovvero che esso si manifestasse unicamente in causa di un movimento rotatorio della Terra in senso contrario.

Contro l'accettazione del movimento rotatorio, in tempi nei quali la meccanica terrestre e celeste era ancora da nascere, stava anzitutto la idea convenzionale di *sotto* e di *sopra*, per cui la Terra, rotando, avrebbe determinato la caduta degli oggetti, avrebbe prodotto il vuotamento dei laghi, dei mari, dei pozzi nello spazio, e impedito lo scendere della pioggia e della neve; — stava ancora il nessun concetto della forza d' inerzia, e del collegamento dell' atmosfera al globo nostro, per cui si riteneva che la rotazione terrestre avrebbe dovuto produrre un vento impetuoso e che gli oggetti, che, per caso, avessero un istante abbandonata la superficie della Terra, dato proprio questo suo movimento, non avrebbero mai potuto ricadere nello stesso luogo, dacchè il suolo sarebbe quasi loro sfuggito dissotto.

Anche per questo argomento della rotazione, come già per quello della sfericità del globo, una serie di prove risultarono semplicemente dalla osservazione e da ragionamenti volgari; per altre dovette di assai progredire il sapere, e intervenire la scienza colle sue deduzioni, e coi suoi sperimenti.

Riconosciuta o divinata la piccolezza del corpo terrestre davanti alle masse del sole e dei pianeti; diventava abbastanza ovvio per noi comprendere com' esso non poteva essere centro meccanico di movimento a sfere tanto maggiori. Ma, anche senza ricorrere a tali rapporti di grandezza, la cui conoscenza fu a dir vero frutto di studî relativamente recenti, a mettere sulla giusta via, poteva forse bastare la coscienza del grande principio, secondo il quale nelle opere della natura si osserva costantemente l'impiego delle forze minime per ottenere i massimi effetti. La distanza, già anche dagli antichi reputata considerevole, che divide la luna, il sole e le stelle da noi, ammettendo come reale il movimento diurno apparente della sfera celeste, recava la conseguenza ch esse dovessero descrivere delle orbite enormi nel periodo di sole 24 ore, e che quindi fossero dotate di una rapidità di movimento per noi inconcepibile.

Ciascuno dei punti dell'equatore terrestre nelle 24 ore descrive, giusta i dati da noi esposti, un giro

(1) Secondo il Roche, la densità media alla superficie sarebbe di 2.1, a metà del raggio terrestre di 8. 5, al centro di 10.6. Il Legendre partendo da altre considerazioni troverebbe gli stessi dati rispettivamente eguali a 2.5, 8.5 ed 11.3.

(2) Pag. 58 dell'opera.

Digitized by Google

di 40070.4 chilom., il che corrisponde a 1669.6 chilom. all'ora, a 27827 metri al minuto e a 463.8 metri al secondo. L'equatore però è la linea di massima velocità; e questa sarebbe in varie località diversa. Per es. a Pietroburgo (lat. 59° 56') sarebbe di 233 metri, a Monaco (lat. 48° 8') di 310 metri, a Padova (lat. 45° 24') di 323 metri al secondo (1).

La velocità di 463.8 metri al secondo, cioè quella di qualsiasi punto terrestre all'equatore, corrisponde alla ordinaria velocità iniziale della palla lanciata da un cannone da 30 cent. circa. Supposto quindi che la distanza media del sole da noi sia di 149.3 milioni di chilom., esso (accettando il moto suo attorno la Terra) dovrebbe percorrere nelle 24 ore un'orbita lunga circa 938 milioni di chilom., cioè volare colla rapidità di 39 milioni di chilom. all'ora, di 651500 chilom. al minuto, finalmente di 10859 chilom. al secondo, cioè presentare una velocità 23412 volte maggiore della massima velocità di rotazione terrestre e di quella della palla da cannone.

Quindi, mentre la conoscenza delle leggi della gravità mostrò come sul globo il concetto di *sotto* e di *sopra* sia subordinato all'attrazione verso il centro terrestre, al quale tendono tutti i corpi; la conoscenza della legge d'inerzia mostrò la partecipazione di tutti gli oggetti al movimento rotatorio, anche nel caso che per un momento ne abbandonino la crosta solida, e s'inalzino nell'atmosfera, essa pure partecipe a quel moto.

Finalmente l'esame accurato ed attento di alcuni fatti naturali, potè fornire delle prove perspicue e decisive in prò del movimento rotatorio.

Così, noto lo schiacciamento terrestre, esso diventò una conferma della rotazione, quale conseguenza della forza centrifuga da questa ingenerata. Quanto ne dicemmo parlando del pendolo, ci esime dal diffonderci ulteriormente su questo soggetto.

Così, mentre dapprima si reputava, che, rotando la Terra, un oggetto lasciato cadere da una sommità, dovesse rimanere indietro rispetto la direzione del moto terrestre, una più attenta discussione delle leggi meccaniche fece concludere che il grave, in tal caso, deve cadere in *avanti* piuttosto che *indietro*.

Il moto della Terra avviene in senso contrario al moto apparente diurno degli astri e del sole, e quindi ha luogo da ponente verso levante. Secondo l'antico pregiudizio, un grave che fosse caduto dalla sommità di una torre, invece di raggiungerne esattamente il piede, avrebbe dovuto rimanere indietro e cioè toccar terreno alquanto a ponente del piede stesso. Di tale avviso erano il Riccioli e lo stesso Ticone Brahè, i quali anzi, non vedendo il fatto corrispondere alla loro teoria, si sentivano indotti a negare la rotazione terrestre. Negli stessi primi sperimenti, compiuti a Londra dall' Hooke (1679) e dal Desaguliers (1719), non apparve deviazione alcuna. Più fortunati furono i tentativi istituiti dal Guglielmini sulla torre degli Asinelli in Bologna (1791), dal Benzenberg in Amburgo (1802) e nelle miniere di Schlabusch (1804) in Vestfalia (contea di Mark), dal Tadini a Bergamo (1814) e finalmente dal Reich nelle miniere di Freiberg (1832), presso Dresda. Essi dimostrarono evidente la deviazione orientale dei gravi cadenti, anzi in parecchi casi si manifestò anche una lieve deviazione verso l'equatore, teoricamente già riconosciuta dall'Hooke. La necessità di una deviazione orientale si può comprendere facilmente. Qualora la Terra fosse immobile, una pietra lasciata cadere da *A* (Fig. 138), incontrerebbe il suolo nel punto

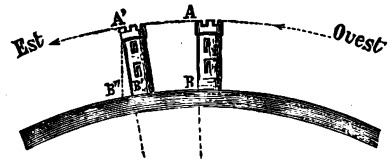


Fig. 138. — Deviazione orientale dei gravi cadenti.

B verticalmente sottoposto al primo. Ma ruotando la Terra, il punto *A* è animato da una velocità dall'ovest all'est maggiore, che non il punto *B*, sicchè nel tempo della caduta il punto *A* descrive un'arco *AA'* più lungo che non l'arco *BB'*, descritto dal punto *B*. Quindi il grave continua per legge d'inerzia a moversi colla velocità di rotazione iniziale e, descrivendo un arco più lungo di quello descritto dal piede della verticale, raggiungerà il suolo in *B''* invece che in *B'*, cioè alquanto più ad est del piede della verticale accennata.

La deviazione verso l'equatore è alquanto più difficile a comprendersi. Essa proviene dal fatto che il grave cadente segue una risultante tra la gravità e la forza centrifuga, la direzione della quale ultima è quella del piano del parallelo spettante al punto di partenza del grave (1).

Una prova assai curiosa e interessante della rotazione terrestre risulta ancora da

(1) Vedi nel **Prospetto XXVII** esposta la velocità di rotazione della superficie terrestre a varie latitudini.

(1) Del resto entrambe le deviazioni, sì dal calcolo, come dallo sperimento, risultano assai piccole. Al Reich, che compiè 106 sperimenti facendo cadere una palla di stagno da un'altezza di 158m.54, risultò in media una deviazione verso oriente di millimetri 28.4 e verso l'equatore di millimetri 4.4, allontanandosi specialmente quella prima di pochissimo dalle conclusioni dedotte teoricamente. Il Dottor C. Buzzetti (DELAUNAY, *Astron.*, pag. 667) calcolò che facendo cadere un grave dalla sommità dell'Etna (a cui veramente egli attribuiva un'altitudine di soli 3250m. invece che di 3313m. sul mare) si avrebbe una deviazione orientale di m. 2.590, ed una deviazione verso l'equatore di soli m 0.199.

Digitized by Google

una serie di fatti a primo aspetto indipendenti uno dall' altro, ma che, attentamente considerati, si mostrano in istretto rapporto fra loro. Di tal genere sarebbero le erosioni delle sponde dei fiumi, secondo la legge del Baer (1); la deviazione costante degli alisei e delle correnti marine verso ponente e dei contro-alisei e delle contro correnti verso levante; le direzioni dei moti ciclonici; finalmente le pressioni laterali dei convogli ferroviari contro le rotaje. Dovendo noi ancora trattenerci sui tre primi soggetti, ci limitiamo adesso ad esporre l'ultimo dei fatti accennati, considerandolo quale una prova della rotazione terrestre.

Nelle linee ferroviarie, dirette secondo i meridiani, avviene che i treni in movimento premono sempre con maggiore forza sulle rotaie di destra (nell'emisfero settentrionale), tendendo a spostarle. Quale un esempio notevole di questo genere viene citato quello (2) della ferrovia che collega Amburgo ad Harburg, costruita, per giunta, sopra un terreno sortumoso e cedevole. Siccome essa è a doppio binario e ogni treno corre alla propria mano (cioè sul binario orientale quando il treno va da sud a nord e sull'occidentale, quando va da nord a sud), ne avviene che delle quattro rotaie, le esterne subiscono gli effetti della pressione, sicchè i manutentori della strada han potuto osservare che in soli 3 mesi di tempo la rotaia esterna si sposta di ben 15 centim., contro uno spostamento di soli 7 centimetri, subìto dalla rotaia interna.

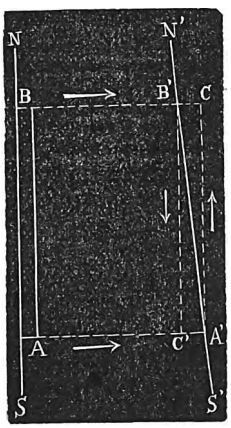


Fig. 139. — Pressioni laterali dei treni nelle linee ferroviarie dirette secondo i meridiani.

Ecco come ciò avviene. Sieno NS ed $N'S'$ due meridiani, naturalmente convergenti fra loro e lungo il primo dei quali è costruita una linea ferroviaria AB. Dato che la Terra ruoti intorno al proprio asse, il treno A è dominato da due forze, una, propria, che lo spinge verso nord e l' altra comune colla Terra, che lo spingerebbe a percorrere la strada $A\,A'$. Ora, anche la linea ferroviaria è animata da questo stesso movimento verso levante, ma non con eguale spinta. Nel tempo medesimo necessario al punto A per arrivare in A', il punto B giungerebbe soltanto in B', percorrenza senza dubbio minore. Quindi il treno, partendo da A, è dominato da una velocità iniziale verso est maggiore dei varî punti della linea che va a mano a mano raggiungendo, tale che, se non ci fossero ostacoli, esso andrebbe a finire in C. Ma a tale tendenza di spostarsi a levante, o verso la destra del proprio movimento, si oppone la rotaia di destra, sulla quale il treno eserciterà naturalmente una pressione maggiore che non sulla rotaia di sinistra.

Analogamente, scendendo il treno da N a S, la velocità iniziale sua verso levante sarà minore di quella dei varî punti della linea che va a mano a mano raggiungendo. Per es., nel tempo medesimo in cui B arriva in B', A arriverebbe in A'. Non così il treno, il quale mantenendo la sua velocità iniziale minore, tenderebbe a giungere solo in C', cioè a rimanere alquanto indietro verso ponente. Ma a questa tendenza si oppone la rigidità della rotaia di destra, contro la quale esso verrà a premere.

Nell'emisfero meridionale le pressioni sarebbero simmetricamente inverse, cioè avrebbero per loro oggetto le rotaie collocate a sinistra del movimento del treno.

Nel 1851, a Parigi, sotto la cupola del Panteon, il fisico Foucault compieva davanti numeroso uditorio un esperimento destinato a dimostrare in modo quasi palpabile la rotazione del globo. Appesa alla sommità della vôlta, mediante un filo metallico lungo 64m, una grossa palla di rame e fattala oscillare, egli potè far osservare ai presenti che le oscillazioni di quel pendolo gigantesco, ripetendosi, non si mantenevano sullo stesso piano, ma andavano spostandosi da E. ad O. pel S., di una quantità abbastanza considerevole nelle 5 o 6 ore, che perdurava il loro moto oscillatorio. Il modo brillante con cui l' esperimento venne condotto, fece porre in oblìo non soltanto che analoghe prove furono parimente compiute a Padova a Roma, a Bologna (1), a Spira, a Colonia, a Friburgo ed altrove, con analoghi risultamenti; ma che già nel 1661 lo spostamento del piano d'oscillazione del pendolo era stato intravvisto dagli accademici del Cimento. Più tardi poi, avendo trovato il modo di prolungare artificialmente il movimento del pendolo, si riscontrò dovunque che, in un periodo più o meno lungo, il piano d'oscillazione finiva col compiere un giro intero intorno al proprio asse.

(1) Su questa legge torneremo nella parte IIª di questo stesso volume.

(2) MARTHUS, op. cit., pag. 179.

(1) Dal Santini, dal Respighi, dal Secchi, dallo Zantedeschi e da altri ancora. Cnfr. in proposito ZANTEDESCHI, *Ricerche fisico-matematiche sulla deviazione del pendolo dalla sua traiettoria*, Padova, Sicca, 1852. Il Secchi compiva i suoi esperimenti a Roma dal 3 all' 8 maggio 1851 con un pendolo lungo quasi 32m. (31m.95). Il Respighi nel 1852 nella chiesa di S. Petronio a Bologna con un pendolo lungo circa 42m.

Digitized by Google

Ora, la spiegazione del fenomeno, sul quale il Foucault avea fatto rivolgere l'attenzione del pubblico, si trova intera nella rotazione terrestre.

Figuriamoci per un momento di essere ad uno dei poli terrestri e di aver sospeso sovr'esso un pendolo, in modo che il punto di sospensione sia estraneo al globo e non sia per nulla influenzato dal moto rotatorio terrestre (1). Se noi lo facciamo oscillare, ci si presenterà questa serie di fatti. La prima, anzi (almeno sensibilmente) le *prime* oscillazioni accadranno lungo un piano diretto verso un dato punto della Terra; ma dopo qualche istante il piano d'oscillazione non sarà più in direzione del medesimo punto, poichè questo, dominato dalla rotazione terrestre, nel frattempo, avrà percorso un certo spazio verso est. Successivamente un identico spostamento avrà luogo per tutti i punti terrestri, che a mano a mano verranno a coincidere col piano di oscillazione, dacchè essi pure, a loro volta, si sposteranno verso est. Supposto quindi che la complessiva serie di oscillazioni del pendolo durasse ininterrotta tutte le 24 ore, si vedrebbe il piano

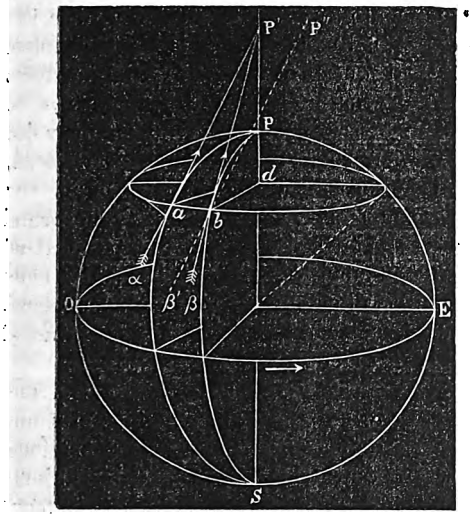


Fig. 140. — Spiegazione dello sperimento del Foucault.

di oscillazione coincidere a mano a mano con tutti i 360° meridiani principali, e quindi, compiendo un intero giro intorno al proprio asse, rimettersi nella direzione iniziale. Uno spettatore posto presso al polo e ignaro del proprio movimento di rotazione attorno all'asse, osservando il fenomeno, ne riceverebbe naturalmente questa impressione: che il piano oscillatorio del pendolo nelle 24 ore compisse un intero giro intorno all'asse terrestre, spostandosi da E ad O. per la sinistra, rispetto alla persona che guardasse il polo. Questo, nel caso che l'esperimento avesse luogo presso il polo boreale. Nel caso dell'australe, lo spostamento avverrebbe da O ad E, parimenti da destra verso sinistra dell'osservatore (1).

Nei due emisferi adunque le due deviazioni verso ponente avvengono in modo da essere simmetricamente contrapposte rispetto all'equatore terrestre.

Ne avverrà che lungo questa linea avranno luogo due deviazioni uguali e contrarie, le quali naturalmente dovranno elidersi e la deviazione sarà nulla. Ma non appena ci allontaniamo dall'equatore, comincerà tosto a manifestarsi una lieve deviazione verso ovest ed essa andrà continuamente aumentando coll'avvicinarsi al polo, dove l'angolo di deviazione sarà massimo, cioè non minore di 360°. in 24 ore, ovvero di 15° in 1ora o di 15′ in 1m. di tempo. Il valore della deviazione sarà quindi dipendente dalla latitudine, in modo tale da poter per ogni parallelo terrestre stabilire il tempo necessario perchè il piano d'oscillazione compia un giro intero intorno a sè stesso (2). A Padova, per es., alla latit. di 45° 1/2 circa, ciò esige pressapoco 33ore 38m. 42s (secondo i computi dello Zantedeschi); a Roma, alla latit. di quasi 42° circa, 33ore 50m. 27s, secondo i calcoli del Secchi; a 9° 23′ di distanza dall'equatore, per ciò è necessario un anno intero, cioè non meno di 365g 1/4.

Il Foucault medesimo più tardi costruiva il *giroscopio*, uno strumento basato sul principio che risultava dalle osservazioni ora accennate, e destinato a dimostrare sperimentalmente la rotazione terrestre.

(1) La prima delle due condizioni è affatto suppositizia, ma non già la seconda. Ai fisici è noto come per legge d'inerzia, il piano d'oscillazione di un pendolo tenda a rimanere invariabile, anzi più di un secolo fa (1782) il Poinsinet de Sivry suggeriva di servirsi di questa tendenza per riconoscere, a mezzo della invariabilità del pendolo, le mutazioni di direzione di un veicolo in movimento. Il fatto fu poi confermato in molteplici sperimenti, la sola e lieve difficoltà dei quali consiste in un modo acconcio di sospensione del pendolo.

(1) Per comprendere come lo spostamento debba avvenire nel senso da noi indicato, basta por mente alla fig. 140, destinata a rappresentare la Terra. Il pendolo è sospeso nel punto P, sovrastante al polo nord, P. Supponiamo di farlo oscillare in modo che il piano di oscillazione coincida dapprima col piano $P'ad$ del meridiano PaS (che chiameremo brevemente a). Dopo un certo tempo, grazie al moto rotatorio terrestre, a sarà passato in b mentre il piano d'oscillazione è rimasto invariabile. Ora, se essendo un osservatore in a, tale piano avea la direzione $\alpha P'$, allorchè si osservi da b, esso avrà una direzione parallela alla $\alpha P'$, cioè la direzione $\beta' P''$. Ma questa direzione $\beta' P''$ non coincide colla direzione $\beta P'$ del piano $P'bd$ del meridiano b, anzi s'incrocia con esso in modo che la retta $b\beta'$ fa colla retta βb (direzione del meridiano) un certo angolo ad ovest. Se proseguissimo l'esempio con altri meridiani successivi vedremmo che questo angolo ad ovest fra la direzione del pendolo e quella dei singoli meridiani va continuamente aumentando, sicchè dopo un certo tempo abbraccia tutta una circonferenza di circolo. Dunque lo spostamento del pendolo avviene presso il polo nord da E. ad O. per la sinistra di chi guarda il polo, ovvero nella direzione degl'indici di un orologio. Presso il polo australe esso avrebbe luogo in senso simmetricamente contrapposto cioè da E. ad O. per la destra, cioè in direzione contraria al moto degl'indici di un orologio.

(2) Il tempo necessario perchè il piano del pendolo compia un'intera rivoluzione intorno al proprio asse sta

Digitized by Google

Da ultimo, a fornire altre decisive riprove del moto rotatorio terrestre, il telescopio, da un lato, svelava la esistenza di un analogo movimento non soltanto in tutti i pianeti, e in tutti i satelliti abbastanza grandi o abbastanza vicini perchè il cercato moto si possa scorgere, ma financo nel sole; e, dall' altro, mostrava come esso fosse perfettamente conciliabile colle apparenze e, dicasi pure, colle anomalie dei moti celesti.

Dunque, copia ed evidenza di prove, andate sempre più moltiplicandosi e confortandosi l' una l' altra, da quando Galileo, primo forse, con rara perspicuità di linguaggio le esponeva filosoficamente nel suo *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, tanto che sembrerebbe oggimai esuberanza e superfluità il ripeterle, qualora le effemeridi bibliografiche non ci affermassero come tuttavia, in questo vantato secolo di luce e di sapere, non passi, si può dire, anno, senza che la letteratura anticopernicana si arricchisca di qualche nuovo prodotto (1).

Senonchè, già dall' età più remote si era segnalato un altro fenomeno celeste, oltremodo importante pel nostro soggetto. Porta attenzione al sole, si era veduto com' esso non si moveva assieme alla apparente vôlta celeste, come se formasse con questa un sistema solo. Difatto, posto che un dato giorno esso sia visto alzarsi ad oriente alquanto prima di una certa stella, dopo alcuni giorni si alzerà assieme ad essa (che sarà in tal caso resa invisibile dallo splendore solare), poi nei giorni seguenti essa lo precederà, dopo *tre* mesi, all'alzarsi del sole, essa toccherà di già il meridiano, e dopo *sei* mesi, nello stesso momento, starà tramontando. In una parola, il sole, rispetto a quella data stella, rimarrà indietro verso levante ogni giorno di una certa quantità, e siccome (e lo vedemmo dalle prime pagine dell'opera) esso rimane indietro verso levante della stessa quantità rispetto a tutte le stelle, mentre queste mantengono invariabile la loro posizione reciproca e la loro distanza, così è permesso concludere che il sole si move *col* firmamento da levante a ponente e *sul* firmamento da ponente a levante. In questo secondo verso, esso percorre, nello spazio di un anno, tutto il cielo stellato spettante alla zona dello zodiaco.

Ora, anche in questo caso, come già in quello del moto apparente diurno, a spiegazione del fenomeno, ci si presentano due ipotesi: o cioè lo spostamento apparente del sole lungo lo zodiaco è reale, e quell' astro, nello spazio di un anno, compie un intero giro intorno alla Terra, quale a centro del moto; — od esso è illusorio, e deriva da un movimento in senso contrario descritto dalla Terra nel medesimo intervallo di tempo. E anche in questo caso si ripetè la stessa lotta fra i sensi e la fede da un lato, e la ragione e la scienza dall'altro. Nè, una volta dimostrata e provata la rotazione della Terra, giova ricorrere ai ragionamenti volgari per dimostrarne la rivoluzione. Certo è che ormai la copia dei fatti scientifici, che stan lì ad affermare indubbiamente la esistenza del moto di rivoluzione terrestre, è oltremodo cospicua. Noi stessi, nel corso dell' opera, dovemmo di necessità segnalarne parecchi.

Di tal genere sarebbe la esistenza di una *parallasse annua delle stelle* (1), cioè di uno spostamento apparente nella loro posizione, prodotto soltanto dal fatto di uno spostamento reale della Terra; — di tal genere è il fenomeno delle *stelle cadenti* (2), e quello delle circostanze e del periodo di loro frequenza, essi pure mirabilmente esplicabili col movimento di rivoluzione terrestre; — di tal genere finalmente sarebbe quello dell' *aberrazione della luce*.

Tornare su quei primi argomenti, dopo quanto abbiam detto, ci sembra superfluo; — non lo è invece arrestarci un momento sul fenomeno meraviglioso dell' aberrazione.

Anche questa va posta fra le scoperte fortuite, poichè, e lo vedemmo (3), risultò ina-

in ragione inversa del seno delle latitudini. Questa è la formola, che può dare teoricamente la durata di tale rivoluzione sotto vari paralleli e da essa si ricavarono anche delle analoghe tabelline, come la seguente, che prendiamo dal DELAUNAY (*Astron.*, pag. 674, nota).

Latitud.	Tempo medio necess. per un'intera rivol.	Spostamento del piano di oscill. in un giorno medio
0°	. . . . .	
10	5 g. 17 ore 50m.0	60° 41'.1
20	2 21 58. 8	123 27. 9
30	1 23 52. 1	180 29. 6
40	1 13 14. 1	232 2. 2
50	1 7 14. 6	276 31. 9
60	1 3 38. 2	312 37. 4
70	1 1 28. 2	339 12. 9
80	1 0 18. 2	355 30. 1
90	0 23 56. 1	360 59. 1

Realmente poi gli esperimenti non danno mai alla rivoluzione del piano d' oscillazione una durata esattamente eguale a quella che risulta dal calcolo.

(1) HOUZEAU, pag 360.

(1) V. pag 36.
(2) V. pag. 155.
(3) V. pag. 37.

Digitized by Google

spettata al Bradley (1728), che cercava la parallasse annua delle stelle. Però quello stesso spostamento annuo di stelle, che, osservato da lui, ebbe il valore di una rivelazione, era stato senza profitto alcuno osservato dal Picard, dall'Hooke e dal Flamsteed. Forse il solo Manfredi, astronomo bolognese, avea fatto un passo verso la verità, allorchè affermava inesplicabile quel moto stellare col solo fatto della parallasse annua. Lo stesso Bradley, avendo rilevato come la stella γ del Dragone, durante il periodo di un anno, descriveva una piccola elisse di circa 41 secondi di asse maggiore, nè le varie posizioni della stella potendo autorizzarlo a credere prodotta quell' elisse apparente dal moto parallattico, stette a lungo perplesso, finchè la banderuola di una barca da traghetto, mutando direzione ad ogni cambiamento di direzione del battello che la portava, non diventò per esso ciò che era stata la lampada del Duomo di Pisa per Galileo, la rivelatrice dell'incognita cercata.

Mezzo secolo innanzi (1675), dal Roemer, era stato scoperto che la luce non si trasmetteva a distanza istantaneamente; ma con velocità, se grandissima, pur misurabile. Ora il Bradley pensò se le elissi descritte dalle stelle, analogamente a quella della γ del Dragone, non fossero originate per avventura dal modo speciale, con cui la luce perveniva alla nostra Terra, mentre e questa e il raggio luminoso erano in movimento con velocità differenti.

L'esempio comune, tolto dalle goccie di pioggia, che, cadendo sui vetri di un vagone spinto a forte velocità, formano delle striscie oblique inclinate superiormente in avanti, può dare una idea imperfetta della cosa, perchè nell'effetto che noi vediamo in tale caso esercita un'azione troppo importante l'attrito contro il vetro, che altera il fenomeno, esagerandone oltre misura le conseguenze. Più appropriato forse è l'esempio di una persona che corra con un tubo in mano. S'essa non vuole che la parete interna posteriore del tubo si bagni, deve tenere il tubo alquanto inclinato in avanti, anzi tanto più inclinato, quanto è più veloce la sua corsa (1).

Ciò proviene dal fatto che, mentre le goccie di pioggia stanno traversando verticalmente il tubo, questo continua il suo movimento in avanti, e quindi colla propria parete interna *ab* (Fig. 141) va ad incontrarle, prima che esse se n'escano per la bocca inferiore. Sicchè, rispetto alle pareti del tubo, il fenomeno si effettua nel modo stesso che succederebbe qualora le goccie percorressero delle linee oblique e cioè invece di scendere da *m* in *n* o da *q* in *p*, scendessero in *n'* e in *p'*. Da ciò la necessità di tenere il tubo inclinato in avanti, e cioè coll'asse inclinato secondo la linea *m n* nella figura di destra (Fig. 141), se si vuole che le goccie lo traversino senza bagnare le pareti interiori.

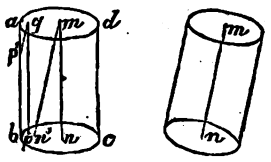


Fig. 141. — Esempio esplicativo dell'aberrazione.

Ora, se veramente la Terra si muove, alcunchè di analogo succede allorchè noi guardiamo una stella qualunque attraverso il cannocchiale.

Se noi dirigiamo l'asse dello strumento esattamente alla stella, noi non vediamo affatto nulla, imperocchè intanto che il raggio luminoso compie il proprio tragitto per giungere a noi, anche la Terra si trasporta in avanti e precisamente con una velocità eguale in media a circa 30 chilom. (29.730) al secondo (1). Ora la velocità della luce, ritenuta pressochè pari a 300 mila chilom. al secondo, è soltanto 10 mila (10100 circa) volte maggiore di quella della rivoluzione terrestre, epperciò la distanza, dalla Terra percorsa nel tempo impiegato dal raggio ad arrivare al nostro occhio, è sufficiente a far sì che la imagine della stella non colpisca la retina e quindi ci sia impossibile lo scorgerla.

Diffatti, supponiamo che un osservatore diriga l'asse del cannocchiale (Fig. 142) alla stella *E*. Mentre il raggio proveniente dalla stella traversa lo spazio *a b*, la Terra si sposta di una certa quantità da sinistra a destra di chi guardi la figura, e quindi il raggio luminoso viene a colpire l'oculare in *b'*, non già in *b*, per cui, se noi vogliamo far coincidere esattamente l'asse ottico del cannocchiale colla direzione presentata dal raggio dell'astro *E* (condizione indispensabile per la sua visibilità), è mestieri che noi teniamo alquanto inclinato lo strumento in avanti, cioè nel senso del movimento terrestre, e precisamente di una quantità determinata dal rapporto delle due velocità: quella della luce e quella della traslazione

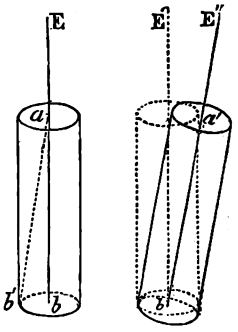


Fig. 142. — L'aberrazione e la velocità della luce.

(1) Sulla stessa teoria è basata la costruzione alquanto inclinata all'indietro dei camini dei piroscafi, poichè il fumo spinto in alto rimane indietro rispetto al camino, che procede in pari tempo colla velocità propria alla nave, onde la parete interna posteriore del camino stesso, se verticale, verrebbe ad impedire, o per lo meno a ritardare l'uscita del fumo. Qui però il fenomeno è alterato in meno, a motivo che essendo il fumo che s'inalza dominato esso pure dal moto in avanti, per legge d'inerzia tende a conservare la propria velocità iniziale.

(1) Il dato offerto a pag. 57 è frutto di un errore di cómputo.

Digitized by Google

terrestre. Se però noi ritenessimo che l'asse ottico del cannocchiale così inclinato fosse diretto alla vera posizione della stella in quell'istante, noi saremmo in errore. Il posto dunque, che una stella così osservata tiene nel cielo, non è che apparente, e non corrisponde alla sua posizione reale, che rimane alquanto all'indietro rispetto a quella. Così nella figura 142 per vedere la stella E, è d'uopo dirigere l'asse ottico del cannocchiale verso E'', posizione apparente dell'astro è diversa dalla posizione vera E' di tutto l'angolo $E'\,b\,E''$, che dicesi *angolo d'aberrazione* (1). È, facile comprendere poi come questo angolo debba variare, di quantità a dir vero trascurabili, col variare della velocità terrestre, e in misura assai maggiore a seconda che la direzione del movimento terrestre sia più o meno obliqua rispetto all'asse del cannocchiale, riuscendo massima quando le due direzioni sono normali fra loro. In questo caso il valore dell'aberrazione sale a 20″.45, secondo lo Struve.

Ma la forma ellittica dell'orbita terrestre obbliga il nostro globo a mutar continuamente di direzione nel suo moto di rivoluzione. Se quindi, in un dato istante, noi erroneamente vediamo una stella spostata in avanti in un dato senso, nell'istante successivo, avendo la Terra mutata direzione, anche lo spostamento della stella si effettuerà in una direzione diversa da quella prima, e così analogamente di seguito, in modo che nelle stagioni opposte, anche lo spostamento dell'apparizione avrà luogo in senso contrario.

Poniamo che la figura 143 rappresenti il moto annuo della Terra attorno al sole, moto effettuato nel senso della freccia $m\,n$. Osservando dalla Terra, la stella a, durante i mesi interposti fra marzo e settembre, apparirà spostata verso b, durante i mesi che corrono fra settembre e marzo, apparirà spostata verso c, presentando il massimo spostamento nel primo senso in giugno, nel secondo in dicembre, nei quali due casi sarà uguale a 20″ 45, il minimo spostamento in marzo e in settembre, nelle quali due epoche il raggio della stella avrà la medesima direzione del moto orbitale terrestre. Da ciò il fatto che, in una certa corrispondenza colle stagioni, tutte le stelle devono descrivere nel cielo una elisse di cui il semiasse maggiore supera di poco i 20″. Ora, tale elisse, dipendendo, come vedemmo, dal moto annuo terrestre, avrà figura diversa, a seconda della posizione che ogni singola stella occupa nella sfera celeste, rispetto al piano dell'orbita terrestre. Se la stella si trova, rispetto a quel piano nelle condizioni dell'astro a accennato (Fig. 143), cioè proprio sul prolungamento di detto piano, lo spostamento sarà sensibile soltanto lungo una linea, cioè sarà solo di avanzamento e di retrocessione, ma non darà ori-

(1) Si avverta poi che il fenomeno ha luogo in egual modo, indipendentemente dall'uso del cannocchiale o da da quello di qualsiasi strumento. Anche a chi guardi ad occhio nudo, la posizione della stella apparisce spostata in avanti dello stesso angolo d'aberrazione, che rende erronee le osservazioni praticate a mezzo di strumenti ottici. L'esempio del cannocchiale venne scelto perchè agevola la percezione del fatto.

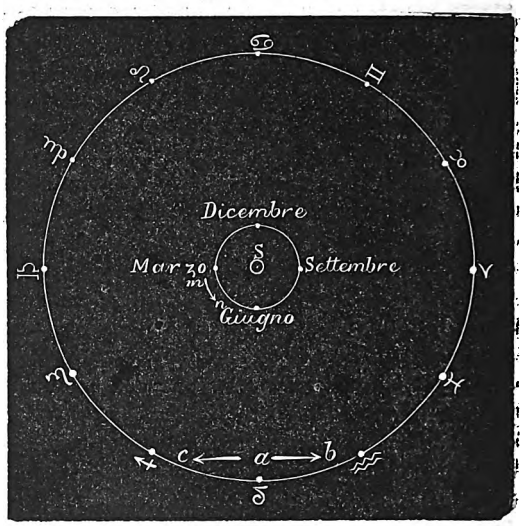


Fig. 143. — L'aberrazione e il moto annuo della Terra.

gine ad elisse veruna (Fig. 144, lett. *a*). Invece, se la stella si trova in tale posizione che il suo raggio visuale incontri il piano dell'eclittica sotto un angolo retto o quasi retto, allora l'elissi risultante avrà gli assi poco differenti in lunghezza un dall'altro e assumerà una figura quasi circolare (Fig. 144, *d*). Imperocchè in questo caso, trovandosi vicina all'asse dell'eclittica, per essa il movimento terrestre si effettuerà quasi di prospetto, e quindi gli spostamenti avranno luogo in tutti i sensi: mentre, se la stella si troverà prossima al piano dell'eclittica, si manifesteranno secondo una sezione più o meno obliqua, e quindi daranno origine ad elissi allungate ed eccentriche. (Fig. 144 *b*, *c*.). Il che avviene di fatto.

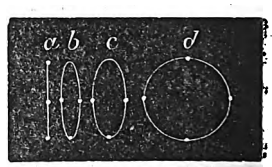


Fig. 144. — Linee descritte dagli astri in causa dell'aberrazione.

Così dunque la spiegazione dello spostamento annuo della γ del Dragone dapprima, e in seguito degli spostamenti o delle elissi più o men allungate, descritte annualmente nel cielo da tutte le stelle, rese necessario ammettere il moto orbitale terrestre, che dà ragione del fatto dalla prima alle ultime conseguenze (1).

(1) L'elissi descritta da una stella in grazia dell'aberrazione non può in niun modo confondersi con quella proveniente dalla parallasse annua. Questa produce nel cielo un movimento apparente inverso a quello della Terra, mentre lo spostamento e quindi il moto apparente che deriva dall'aberrazione si effettua nel senso stesso del moto terrestre. Questo secondo è stato chiarito più sopra; un semplice esempio potrà facilmente mostrarci come lo

Digitized by Google

Ma ben prima che la mente umana scoprisse la esistenza di una parallassi annua e di un angolo di aberrazione, ben prima che alle stelle cadenti si riconoscesse spettare una diversa frequenza secondo un periodo diurno ed annuo, e una diversa velocità, dipendente dal moto orbitale terrestre, la ragione semplice, argomentando analogamente a quanto avea fatto per la rotazione, avea concluso coll'ammettere per la Terra e per tutti i pianeti un movimento di rivoluzione intorno al sole, quale unico modo di esplicare, senza artificiali complicazioni, i moti, spesso apparentemente capricciosi, dei pianeti. Nè su questo soggetto ci sembra necessario di ritornare dopo quanto abbiam detto. Invece giova ancora alquanto ristarci sulle particolarità dei due movimenti accennati e sulle loro conseguenze.

Quando si afferma che la rotazione terrestre si compie in 24 ore, senz'altra aggiunta, s'intende di fare una semplice approssimazione. Se noi prendiamo per unità di misura le ore, i minuti, i secondi, quali vennero fissati in seguito a una specie di convenzione e ragguagliandoli al cosidetto tempo medio, tale rotazione si compie in $23^{ore}\ 56^{m}.\ 4^{s}.$ od $86164^{s}.$. Questo periodo di tempo si chiama anche *giorno sidereo* e si divide in 24 ore *sideree*, ciascuna delle quali si divide in 60 minuti *siderei*, che alla lor volta comprendono 60 secondi *siderei* ciascuno. Il giorno sidereo è più breve del *giorno solare*, il quale dura 24 ore od 86400 secondi, sempre ragguagliandolo al tempo medio. Anche il giorno solare si divide in 24 ore solari di 60 minuti *solari* ciascuna, come ciascun minuto solare comprende i soliti 60 secondi *solari*.

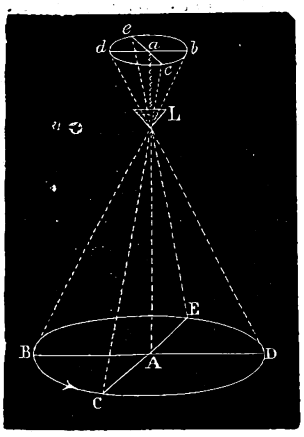


Fig. 145. — Spiegazione dell'apparente moto parallattico.

spostamento parallattico darà luogo ad un movimento apparente della stella in senso inverso al moto terrestre. Lo spostamento parallattico (v. pag 36 di quest'opera) proviene dal fatto che osservando un astro dalla Terra in due momenti diversi dell'anno noi lo projettiamo in due diversi punti del cielo. Quindi esso diventa un fenomeno perfettamente analogo a quello che vediamo forse ogni giorno senza uscire dalla nostra camera. Sia *L* (Fig. 145) una lampada appesa al soffitto. Se noi ci poniamo nel punto *A* verticalmente sottoposto alla lampada, essa ci parirà projettata in *a;* ma se noi ci portiamo nel punto *B*, essa apparirà projettata nel soffitto in *b*, se noi passiamo in *C* essa ci apparirà in *c* e così di seguito. Per cui la lampada avrà cambiato di posto nel soffitto in relazione al nostro cambiamento di posto nella stanza; ma fra i due movimenti esisterà questa differenza che la lampada si sarà spostata da *b* per *c* in *d* ed in *e*, cioè si sarà mossa da destra a sinistra per *c*, mentre il nostro cammino sarà stato decisamente l'opposto, cioè da sinistra a destra per *C*. I due spostamenti, quello dovuto alla parallassi annua e quello dovuto all'aberrazione avranno dunque un'apparenza decisamente contraria l'uno all'altro.

La parola *siderea* evidentemente richiama la idea che la determinazione del giorno, così qualificato, si basi sulla osservazione di una stella. Sappiamo che il giorno sidereo corrisponde alla durata della rotazione terrestre. Ora, per determinare questa durata, è necessario fissare l'istante in cui un dato punto terrestre ritorna nel posto da esso lasciato quando la rotazione ha avuto principio. A determinare tale istante possono servirci i passaggi dei corpi celesti al meridiano. Difatti, sapendo che la sfera celeste in apparenza compie il suo moto diurno nel tempo che la Terra in realtà compie un giro intorno a sè stessa, basterà rilevare quando un corpo celeste ritorna sopra un determinato meridiano, perchè sia compiuta in quell'istante un'intera rotazione. Ma non tutti i corpi celesti servono egualmente bene a tale scopo: non i pianeti perchè si spostano ogni giorno e di quantità diverse, come vedemmo e come indica il loro nome, sulla sfera celeste; non il sole, perchè si sposta esso pure, di una certa quantità, veramente abbastanza costante e nell'istesso verso, sulla medesima sfera. Per cui si deve ricorrere ad una stella fissa, e da ciò la definizione di giorno sidereo nel: *tempo compreso fra due successivi passaggi di una stella allo stesso meridiano.* Il giorno solare invece si definisce: *il tempo compreso fra due successivi passaggi del sole allo stesso meridiano.* Esso è necessariamente più lungo del sidereo a motivo che la Terra nell'intervallo fra due successivi passaggi del sole percorre un tratto della propria orbita, il che, se per le stelle lontanissime non produce effetto di sorta, lo produce sulla posizione apparente del sole. Ciò è agevole comprendere osservando la figura 146. Sia $m\ T$ il meridiano, sul quale in un dato momento si trovano il sole S e una stella A, entrambi nella direzione segnata da AT. Quindi in quel dato momento si può imaginare cominciato pel punto m tanto il giorno sidereo quanto il solare. La Terra ruota intorno a sè stessa, ma nello stesso tempo si sposta lungo la propria l'orbita, compiendo entrambi i movimenti nel senso indicato dalle freccie. Il meridiano m avrà ripreso il posto di prima quando, giungendo in m', si sarà rimesso nella direzione della stella fissata, direzione indicata dalla linea $A'\ T''$ parallela ad AT (1). Allora il giorno sidereo sarà com-

(1) Astrattamente considerando, le linee AT e $A'T''$ non dovrebbero essere parallele, dacchè entrambe convergono.

Digitized by Google

piuto; ma quel meridiano non sarà ancora in direzione del sole, condizione necessaria perchè si compia il giorno solare; poichè, in virtù del fatto che la Terra nel frattempo si è trasportata dalla prima nella seconda posizione, il meridiano dovrà ancora descrivere un altro piccolo arco $m'\ m''$

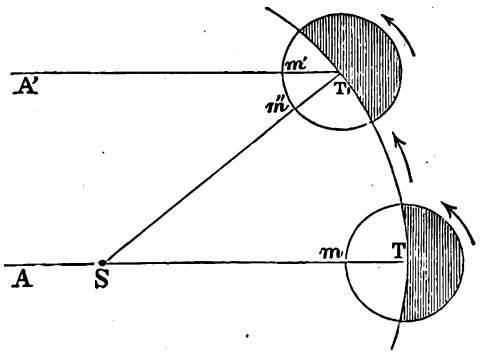


Fig. 146. — Giorno sidereo e giorno solare.

per rimettersi nella direzione $T'\ S$, cioè in coincidenza col sole. A percorrere questo arco, $m'\ m''$, che nel disegno è ad arte assai esagerato, esso impiegherà $3^m\ 56^s$, differenza fra il giorno sidereo e il solare.

Il passaggio di una stella al meridiano è un fenomeno che può essere segnalato esattamente soltanto da chi fa professione di astronomia; invece il passaggio del sole al meridiano è un fatto cospicuo, che, almeno nei suoi tratti generali, colpisce il volgo quanto il dotto. Quindi l' unità di misura prescelta generalmente pel computo del tempo, fu il giorno solare, che divenne eziandio giorno *civile*. Esso è compreso tra un mezzogiorno (passaggio del sole al meridiano) e il mezzogiorno successivo; ma, nell'uso ecclesiastico e civile, s'intende cominci alla mezzanotte e raggiunge la mezzanotte successiva in due periodi di 12 ore ciascuno. Gli Ebrei, gli Ateniesi e, fin al principio del secolo, anche gl' Italiani seguirono la costumanza di principiarlo al tramontar del sole, contando poi le 24 ore consecutivamente. Anche gli uffici telegrafici e gli astronomi contano le 24 ore di seguito; ma gli ultimi andando da un mezzogiorno all'altro.

Il movimento di rivoluzione conduce la Terra a descrivere un' orbita elittica, della quale il sole occupa uno dei fochi.

La forma di elisse, presentata da tale orbita, porta la conseguenza che, allorquando si afferma, come noi facemmo, accettando le più accreditate parallassi, che la distanza dal sole alla Terra sia pari a 149.3 milioni (149,322,000) di chilometri, con ciò s' intenda di offrire soltanto il valore medio di tale distanza. Però la elissi descritta dalla Terra non ha una eccentricità molto grande, dacchè questa semidistanza fra i due fochi non arriva ad $\frac{1}{60}$ (0.01677) del semiasse maggiore. Quindi la distanza massima (afelio) e la minima (perielio), che separano la Terra dal sole, possono essere rappresentate dai numeri 1017 e 983, dato che la distanza media venga designata dal numero 1000, o da 151, 830,000 e 146, 820,000 chilom., se le riduciamo alla nostra consueta unità di misura. Fra questi due ultimi numeri evvi la differenza di circa 5 milioni di chilom., cioè suppergiù di $\frac{1}{30}$ del semiasse maggiore.

Lo sviluppo complessivo dell'orbita ascende quindi a 938, 220,000 (1) di chilom., che la Terra percorre in giorni medii 365. 256 o in altre parole in $365^g.\ 6^{ore}\ 9^m 11^s.$, cioè in un anno *sidereo*, e quindi colla velocità media di 29730^m al secondo, velocità 64 volte maggiore del moto rotatorio equatoriale terrestre. Rammentando le leggi del Keplero, è agevole comprendere come la Terra deve presentare una diversa velocità di movimento, allorchè si trova al perielio e quando si trova all'afelio. Ciò si palesa anche collo spostamento apparente del sole fra gli astri. Verso il 1.° gennaio, epoca nella quale la Terra si trova alla massima prossimità col sole, questo in un giorno descrive nel cielo un arco di $1°\ 1'\ 10''.1$ $(3670.''1)$, contro un arco di soli $57'\ 11.''7$ $(3431.''7)$ ch' esso descrive al primo luglio, epoca dell'afelio. In media invece l'arco diurno percorso è di $59'\ 8''.3$ $(3548''.3)$, che corrisponde anche a quello percorso apparentemente dal sole in un giorno del principio di aprile e di ottobre.

In analogia con questi numeri stanno quelli che rappresentano le velocità medie, massime e minime di trasporto del globo terrestre nella sua orbita. In virtù delle leggi del Keplero e di quelle fissate dal Newton sulla gravita-

alla stella. Ma essendoci nota la enorme distanza nella quale si trovano rispetto alla Terra le stelle più prossime a noi (vedi pag. 38), la convergenza delle due linee può considerarsi come nulla e le due rette come parallele fra loro.

(1) Il numero di 885,748,000, segnato a pag. 57, è frutto di errore di trascrizione, e del pari il numero di 29761, dato ivi a rappresentare la media velocità terrestre e quello di 0.005,931.8, dato per l' attrazione esercitata dal sole, vanno corretti in 29730m. e 0.005,919,2.

Digitized by Google

zione, la velocità di movimento starà in ragione inversa dei quadrati delle distanze. Ora noi vedemmo che le distanza media, massima e minima possono essere rispettivamente rappresentate dai numeri 1, 1.01677 e 0. 98323, e i quadrati di questi dai numeri 1, 1.0338 e 0. 9667; quindi, ritenuta pari a 29730^{metri} al secondo la media velocità orbitale terrestre, essa sarà pari a 30735^{metri} sui primi del gennaio e a soli 28740 sui primi del luglio.

Per incidenza avvertiamo poi come i numeri 1.0338 e 0. 9667 rappresentano ancora il rapporto, secondo il quale, all'epoca del perielio e dell'afelio, ci pervengono dal sole luce e calore, sul che dovremo tornare a tempo opportuno.

Invece, nel rapporto inverso dei numeri semplici stanno fra loro le apparenti grandezze dei diametri solari. Quindi ritenuto che il diametro medio sottenda un angolo di 32' 4'' (1924''), comprenderemo come tali dimensioni ci verranno presentate da esso soltanto due volte all'anno, e come al perielio il suo diametro sarà massimo, e sarà minimo all'afelio. I valori di 32' 36'' (1956'') e di 31' 32'' (1892''), che dall' osservazione risultano per quelle due epoche (1), stanno fra loro precisamente in ragione inversa semplice delle distanze del sole da noi. È ovvio poi, che dal gennaio al luglio, e diametro apparente e velocità di cammino vadano a mano a mano decrescendo, per aumentare di nuovo dal luglio al gennaio; il che si collega, almeno per quanto concerne la velocità, e come vedremo a suo tempo, colla diversa durata delle stagioni.

Quale una conseguenza immediata della mancanza di uniformità nel moto orbitale del globo, si presenta la ineguaglianza nella durata dei giorni solari. Già vedemmo com'essi sieno necessariamente più lunghi dei siderei, in virtù del fatto che, durante la giornata, la Terra si sposta nello spazio. Variando la misura di tale spostamento, varierà anche l'angolo che rappresenta la differenza fra la durata dei giorni siderei e quella dei solari, e quindi cangieranno a lor volta le variazioni nella lunghezza di questi ultimi. Da ciò ancora la necessità di creare dei giorni fittizî *medî*, segnati dai passaggi al meridiano di un sole imaginario sottratto alle oscillazioni provenienti dal moto lungo un'orbita elittica (2). Da ultimo dunque la creazione di un *tempo medio*, che artificialmente fornisce quella uniformità nelle divisioni del tempo, che nei fenomeni naturali non esiste (1).

Il moto annuo della Terra intorno al sole ha luogo colle seguenti particolarità. Anzitutto è moto *diretto*, cioè va da ponente a levante. Aggiungasi che il piano dell' orbita terrestre non coincide già col piano dell'equatore; ma forma con esso un certo angolo, quasi costante, ovvero variabile insensibilmente. Da ultimo l'asse della Terra è sempre rivolto verso i medesimi punti del cielo in modo da rimanere parallelo a sè stesso, almeno per un periodo di tempo abbastanza considerevole.

Il cammino così percorso dalla Terra è noto sotto il nome di *eclittica* e corrisponde all'apparente cammino annuo del sole; l'angolo che il suo piano forma col piano dell'equatore terrestre, dicesi *obliquità dell'eclit-*

(1) Vedi **Prospetto X.**

(2) La diversità nella durata del giorno solare in varie epoche dell'anno non dipende soltanto dello forma elittica dell'orbita e dalle conseguenti variazioni di velocità nel moto di rivoluzione; ma dipende altresì dalla obliquità dell'eclittica, poichè all'epoca dei solstizî l'arco percorso dal sole in un giorno aumenta la sua ascensione retta di una quantità più piccola che non all'epoca degli equinozî.

(1) Il sole fittizio, imaginato a correggere le irregolarità del giorno solare, percorre esattamente ogni giorno un arco eguale, di 0°59'8''.3, sicchè in capo a 365g. 242 (anno tropico) ha compiuto il giro completo dell' orbita. Siccome a descrivere tale arco diurno esso impiega 86400s. (24 ore), mentre il sole reale ne impiega ora più ora meno, ne deriva che i due soli non possono coincidere fra loro se non poche volte nell' anno. Quindi supponendo che il sole fittizio e il sole reale passino oggi entrambi al meridiano nello stesso istante, dopo 86400s. cioè nell'istante in cui si suppone che il sole fittizio ripeta il suo passaggio, il sole reale o sarà già passato o dovrà ancora passare; e così di seguito nei giorni successivi. La differenza fra il tempo del passaggio del sole reale (mezzogiorno solare) e quello del passaggio del sole fittizio (mezzogiorno medio) al meridiano, dicesi *equazione del tempo*. Essa può essere naturalmente *positiva* e *negativa*, a seconda che si debba aggiungere o togliere qualche frazione di tempo al mezzogiorno solare per avere l'istante del mezzogiorno medio. Essa è *nulla* quattro volte all'anno: il 15 aprile, il 15 giugno, il 1 settembre e il 25 dicembre. È massima l' 11 febbraio (+ 14m.5), nel qual giorno i nostri orologi, regolati sul tempo medio, segnano le 12ore 14m.5, allorchè il sole passa al meridiano; il 26 luglio, in cui essa è pari a + 6m.2; il 14 maggio in cui essa è pari a — 3m.9 e finalmente il 2 novembre, nel quale giorno i nostri orologi segneranno 11ore. 43m.7 all'istante del mezzogiorno solare e quindi l'equazione del tempo sarà eguale a — 16m.3.

Ad agevolare la riduzione del tempo solare al tempo medio, si sono costrutte le così dette *Tavole della equazione del tempo*, destinate a dar l'ora, che dev'essere indicata da un orologio regolato a tempo medio nell'istante del mezzogiorno solare. Tali tavole variano secondo un turno che si ripete ogni quattro anni e ciò a motivo della intercalazione quadriennale dell'anno bisestile. Ecco quale sarà l'equazione del tempo (cioè *l'ora segnata dai nostri orologi a mezzogiorno solare*) il primo giorno di ogni mese nell'anno entrante 1884.

1 gennaio	12 ore	3m.	38s.	1 luglio	12 ore	3m.	38s.
» febbraio	»	13	47	» agosto	»	6	3
» marzo	«	12	25	» settembre	11	59	43
» aprile	»	3	46	» ottobre	»	49	30
» maggio	11	56	55	» novembre	»	43	41
» giugno	»	57	33	» dicembre	»	49	26

Digitized by Google

tica e il suo valore è attualmente di $23^{\circ}\frac{1}{2}$ circa o più esattamente e riferendosi all'anno 1850, di 23° 27' 32'' giusta le più accreditate determinazioni (1). Analogamente il suo asse sarà inclinato sul piano dell'equatore di $66^{\circ}\frac{2}{1}$.

L'obliquità dell' eclittica e il costante parallelismo dell'asse di rotazione portano la conseguenza che il nostro globo ora rivolge al sole il polo settentrionale, ora il meridionale, e quindi creano il succedersi delle stagioni e dei climi alla sua superficie.

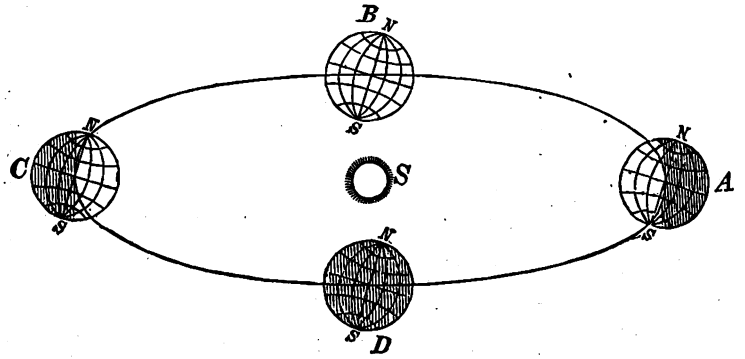


Fig. 147. — Cammino della Terra intorno al sole.

La fig. 147, rende evidente la cosa, presentando la Terra nelle quattro principali posizioni, nelle quali essa si trova lungo il corso dell' anno. Allorchè la Terra si trova in *A*, essa presenta al sole il polo meridionale, mentre il settentrionale è immerso nell'ombra; il contrario precisamente avviene allorchè, sei mesi dopo, la Terra si trova nel punto *C*, diametralmente opposto ad *A*. Ma andando la Terra da *A* in *C*, il polo meridionale sarà ogni giorno meno, e il settentrionale ogni giorno più rivolto al sole, finchè, circa a metà di tale cammino, avremo un punto, *B*, in cui i due poli saranno egualmente rivolti al sole. Analogamente ritornando la Terra da *B* in *A*, incontreremo un punto, *D*, nelle medesime condizioni.

Tuttociò, rimanendo la linea *SN*, cioè l'asse terrestre, parallelo a sè stesso e inclinato di $66^{\circ}1/_{2}$ sul piano dell'eclittica. Ora, questo diverso rivolgersi di un polo e dell'altro al sole, porta una varia distribuzione di luce e di ombre sulle diverse parti del globo.

Anzitutto va rammentato come la forma pressochè sferica della nostra Terra arrechi la logica conseguenza che il sole in qualsiasi istante ne illumini solo un emisfero, una metà della sua superficie. Il limite fra l'emisfero illuminato e quello immerso nelle tenebre è segnato da una circonferenza di circolo massimo, che si dice *circolo d'illuminazione* (1). Ora, supposto che l'eclittica avesse comune il suo piano col piano dell' equatore, in tutto l'anno il circolo d'illuminazione andrebbe da un polo all'altro (2) e coinciderebbe con un meridiano terrestre. Rotando quindi la Terra intorno a sè stessa, ognuno dei suoi punti per 12 ore passerebbe nell'emisfero illuminato, per altre 12 passerebbe nell' emisfero oscuro. L'inclinazione dell'asse e il suo parallelismo rendono diversa la cosa. Quando la Terra si trova in *A*, i punti prossimi al polo sud, compiono l'intera rotazione intorno all'asse restando sempre nell' emisfero illuminato, quelli prossimi al polo nord la compiono egualmente senza uscire dall' emisfero oscuro, poichè il circolo d'illuminazione, in questi due casi, non coincide affatto con un meridiano terrestre. In *C* la vicenda si alterna a favore del polo nord, mentre la coincidenza ha luogo in *B* e in *D*, nelle quali due posizioni tutti i punti terrestri, durante un'intera rotazione, godono di un'equa distribuzione di luce e di tenebre.

Conosciuto poi il valore della inclinazione ($66^{\circ}\ 1/_{2}$) dell'asse di rotazione sul piano dell'eclittica, sarà facile arguire che il circolo d' illuminazione sarà

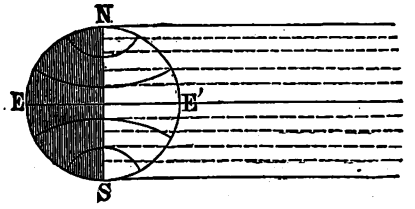


Fig. 148. — Circolo d'illuminazione all'epoca dell'equinozio.

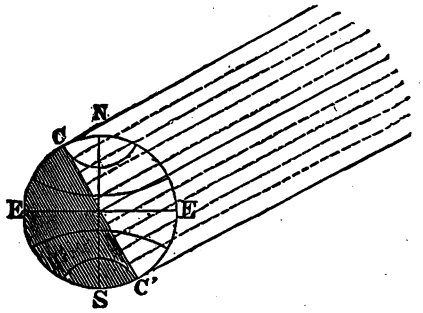


Fig. 149. — Circolo d'illuminazione all'epoca del solstizio estivo.

(1) Quest'è il dato offerto dal Leverrier e generalmente adottato dal maggior numero dei trattati. Di recente i calcoli dell'olandese Vande Sande Bakuijsen fissavano il valore dell'obliquità dell'eclittica a 23°27'22'', riferendola però all'anno 1870.

(1) Rappresentato dalla retta *N S* nella fig. 148 e *CC'* nella fig. 149.

(2) Secondo la linea *N S* nella fig. 148.

Digitized by Google

di altrettanto inclinato sul piano dell'equatore terrestre, e quindi passerà a $23^0\ ^1/_2$ dal polo (1) in quei due momenti nei quali sarà rivolto al sole uno o l'altro dei poli, cioè in *A* e in *C*. Facendo passare a tale distanza da ciascuno dei due poli due piani paralleli all'equatore terrestre, dalla intersezione di ciascuno dei due piani colla superficie del globo, ne risulteranno due circoli che si diranno *circoli polari* e comprenderanno le regioni terrestri che in due epoche opposte dell'anno, per un periodo più o meno lungo, non vedranno sorgere il sole, ovvero non lo vedranno tramontare. Per tutti gli altri paesi, posti fra un circolo polare e l'altro, la distribuzione della luce e delle tenebre avrà per limite massimo il periodo di una rotazione, sicchè nessun punto potrà avere in nessun giorno dell'anno più di 24 ore di oscurità, nè più di 24 ore di luce. Soltanto, procedendo da *A* verso *C* (Fig. 147) la luce andrà vieppiù aumentando per i paesi boreali e diminuendo per gli australi, e analogamente da *C* verso *A* accadrà l'inverso.

Così la rotazione e la rivoluzione terrestre unite portano l'effetto di una continua alternativa di luce e di tenebre sul globo, o, come si dice comunemente, di una differente durata dei *giorni* e delle *notti*. Qui però conviene avvertire, come la parola *giorno* sia usata in senso diverso da quello con cui l'adoperammo in addietro. Nel caso attuale rammenta il significato suo etimologico (2), e significa *quello spazio di tempo che passa fra il nascere e il tramontare del sole* per un determinato punto ovvero il suo periodo d'illuminazione. Ora, noi vedemmo che questo giorno naturale non è limitato sul globo dal periodo della rotazione terrestre, qualora si oltrepassi i limiti dei circoli polari, e per di più che esso varia in lunghezza col variare della posizione della Terra rispetto al sole. Allorchè la Terra si trova in *A* (Fig. 147) e ciò accade il 21 o il 22 dicembre, noi avremo il giorno più lungo e la notte più breve nell'emisfero meridionale; come al 20 o 21 giugno avremo il più lungo giorno e la notte più breve nell'emisfero settentrionale, allorchè la Terra si trova in *C*. In *B* e in *D*, cioè al 20 o al 21 di marzo al 22 o 23 di settembre, i giorni saranno uguali alle notti su tutto il globo. Quelle due epoche dell'anno si dicono dei *solstizî* d'inverno e d'estate, queste due degli *equinozî* di primavera e d'autunno.

Queste quattro epoche, che si succedono uniformemente nell'anno e che si segnalano anzi tutto per una diversa distribuzione di luce sul globo, dividono appunto l'anno in quattro *stagioni:* inverno, primavera, estate ed autunno, in modo però che le loro caratteristiche riescono invertite, a seconda che si considera l'emisfero meridionale o settentrionale. Così l'inverno è la stagione dei giorni lunghi e decrescenti per l'emisfero meridionale e delle notti lunghe e decrescenti pel settentrionale, così la primavera è la stagione dei giorni medî e decrescenti per quello e dei giorni medî e crescenti per questo. E analogamente si proseguirebbe nel paragone ulteriore.

La inclinazione dell'asse sul piano dell'orbita terrestre porta anche la conseguenza che i raggi solari non arrivano a incontrare la superficie delle varie parti del globo sotto il medesimo angolo, nelle varie stagioni. Negli equinozî (Fig. 148), allorchè il circolo d'illuminazione va da un polo all'altro da *N* ad *S*, il sole è necessariamente verticale sull'equatore, e i suoi raggi incontrano gli orizzonti equatoriali terrestri ad angolo retto. Ma quando uno dei poli, *N*, p. es., sta inclinato di $23^0\ ^1/_2$ verso di esso (*CC'* nella fig. 149), i raggi solari incontreranno ad angolo retto le parti terrestri poste verso quel polo e a $23^0\ ^1/_2$ dall'equatore. Siccome questa circostanza si alterna nell'anno fra i due emisferi, così se noi a $23^0\ ^1/_2$ a nord e a sud dell'equatore facciamo passare due piani paralleli a quello proprio dell'equatore, dalla intersezione di tali piani colla superficie terrestre noi otterremo due circonferenze di circolo, destinate a segnare i limiti ai quali arrivano verticali i raggi del sole. Queste due curve diconsi *circoli tropici*, e si distinguono coi nomi di *tropico del Capricorno*, sul quale pervengono verticali i raggi del sole nel solstizio d'inverno, e di *tropico del Cancro* in cui tale vicenda succede nel solstizio d'estate.

Così le circostanze, secondo le quali avviene il moto orbitale terrestre, oltre che alle stagioni, danno origine al tracciamento di quattro circoli, i due polari, che prendono il nome del corrispondente emisfero, e i due tropici, i cui nomi provegono dalle costellazioni in cui si trova il sole durante il suo sovrastare all'uno o all'altro dei tropici. Tali quattro circoli dividono la Terra in cinque zone (Fig. 150): due *glaciali* in forma di calotte sferiche limitate dai circoli polari; due *temperate* aventi per limiti ciascuna il circolo polare e il tropico dell'emisfero relativo; una zona *torrida*, limitata dai due tropici e divisa per metà dall'equatore. I nomi di queste zone, più che accennare alla diversa guisa colla quale in ognuna di esse è

(1) Secondo la linea *CC'* nella fig. 149.

(2) Cioè *luce, splendore*. V. MAX MÜLLER, *Nuove lett. sopra la Scienza del linguaggio*, Milano, Treves, 1870, Vol. II, pag. 99 e seg.

Digitized by Google

distribuita la luce nelle varie stagioni dell' anno, accennano a differenti condizioni di temperatura. E realmente colla diversa durata dei giorni e delle notti, e colla maggiore o minore inclinazione dei raggi solari, che con greca parola si direbbe *clima* (1), si accorda generalmente anche la temperatura delle varie regioni terrestri, come avremo occasione di esporre altrove. Anzi specialmente in relazione alle condizioni meteorologiche, si basa una suddivisione delle zone, giusta quanto indichiamo nella figura 150 e nel sottoposto prospettino, nel

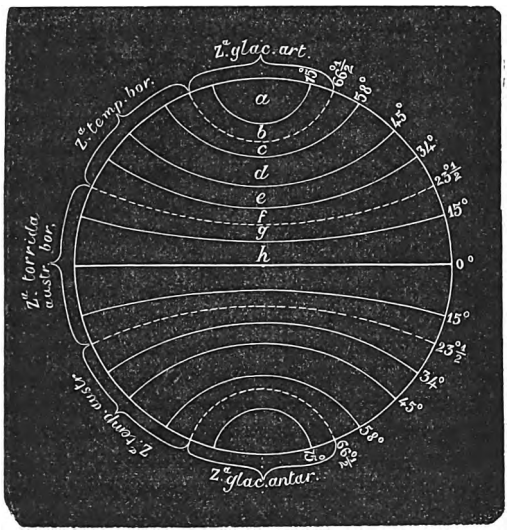


Fig. 150. — Le zone terrestri.

Zone	Estensione in chil. qu.
a. Polare	8,762,014
b. Artica	12,652,153
c. Subartica	17,601,603
d. Temperata fredda	36,067,739
e. » calda	37,748,982
f. Subtropica	40,853,102
g. Tropica	35,571,793
h. Torrida od equat. $\left(\frac{1}{2}\right)$	65,717,971
Un emisfero	254,975,357

quale facciamo posto altresì ai dati di estensione superficiale delle medesime, giusta gli elementi del Bessel.

Stando poi a quanto dicemmo, il sole ora si trova verticale sull'equatore, ora presenta una declinazione australe, ora la presenta boreale, però in modo da non oltrepassare mai i 23° 1/2 N, nè i 23° 1/2 S. Ne deriva che ciascun punto della zona torrida vede due volte passare il sole al proprio zenit, lungo il corso di un anno, e quindi quei due giorni, al mezzodì, l'ombra degli oggetti si projetta verticalmente sul suolo. Negli altri giorni, sempre al mezzodì, se il sole presenta una declinazione tale da trovarsi fra l'equatore e il parallelo celeste del luogo, gli oggetti inviano la loro ombra nella direzione del polo del proprio emisfero; se il sole ha una declinazione di pari nome e maggiore della latitudine del luogo, l'ombra viene inviata in direzione dell'equatore o del polo contrario a quello del proprio emisfero. Finalmente nelle zone glaciali, allorchè il sole presenta una declinazione di nome pari a quello della calotta polare di cui si tratta, si verifica il fatto che l'ombra degli oggetti, al mezzogiorno si projetta verso il polo proprio, alla mezzanotte verso il polo contrario (1).

Nelle zone torride le lunghezze massime dei giorni e delle notti crescono uniformemente a N. e a S. dell'equatore a seconda della latitudine (2). Tali differenze non crescono con perfetta uniformità, se si confrontano fra loro le due zone glaciali. Difatti nell'emisfero settentrionale si nota, a varie latitudini, le seguenti durate massime dei periodi di luce e di tenebre:

(1) E appunto, basandosi su tale inclinazione dei raggi solari, i geografi greci avevano diviso l'abitato in *sette climi*, divisione poi accettata dagli Arabi, e in genere da quasi tutti i geografi, fin pochi secoli fa. Ciascun clima era compreso fra due paralleli, sotto i quali la massima durata del giorno differiva di mezz'ora. Ecco quali erano i soliti *climi* dei Greci:

	Durata del giorno più lungo.
I clima = Meroe in Etiopia	13 ore
II » = Siene in Egitto	13 1/2
III » = Alessandria	14
IV » = Rodi	14 1/2
V » = Roma	15
VI » = a metà del mar Nero	15 1/2
VII » = alle foci del Boristene	16

(1) Siffatte accidentalità di ombre diedero origine anche alla classificazione degli abitanti del globo in: *amfisci* (ossia *dalla doppia ombra*, in greco) abitatori della zona torrida, e tali che mandano la loro ombra ora a N, ora a S; *eterosci* (ossia *dalla ombra diversa*) abitatori delle due zone temperate, che al mezzogiorno inviano le loro ombre verso i poli propri, quindi quelle di ciascuna zona in direzione contraria a quelle della zona contrapposta; *perisci* (ossia *dalla ombra in giro*) abitatori delle zone glaciali, le ombre dei quali in certi giorni dell'anno compiono un intero giro attorno le persone che le producono.

Un'altra convenzionale divisione delle genti, era quella che le distingueva in: *sineci* (da *sin. assieme*, ed *oicos*, *casa*, in greco), abitatori delle stesse contrade: *perieci* o abitatori della stessa zona terrestre; *anteci* o abitatori delle due zone corrispondenti nell'emisfero opposto; finalmente *antipodi*, cioè abitatori di contrade diametralmente opposte.

(2) La seguente tabella vale a dare la lunghezza massima dei giorni e delle notti a varie latitudini nelle zone temperate e torride di entrambi gli emisferi.

Latitudine	Durata del giorno più lungo	Durata del giorno più breve
0°	12ore 0m.	12ore 0m.
5	12 17	11 43
10	12 35	11 25
15	12 53	11 7
20	13 13	10 47
25	13 34	10 26
30	13 56	10 4
35	14 22	9 38
40	14 51	9 9
45	15 26	8 34
50	16 9	7 51
55	17 7	6 53
60	18 30	5 30
65	21 9	2 51
66°33' quasi	48 0	0 0

Digitized by Google

alle latitudini di	il sole non tramonta durante circa	il sole non sorge durante circa
66°33′	2 giorni (1)	2 giorni
70	65 »	60 »
75	103 »	97 »
80	134 »	127 »
85	161 »	153 »
90	186 »	179 »

Per la zona analoga dell'emisfero meridionale, la seconda colonna contiene i varî periodi di tempo durante i quali il sole non sorge, la terza quelli durante i quali il sole non tramonta per le latitudini corrispondenti. Ne nasce che mentre il polo nord gode di un massimo giorno lungo 186 giorni astronomici, il massimo periodo di luce al polo sud non dura più di 179 giorni. E analogamente succede alle latitudini più basse, entro il circolo polare.

La causa di tale ineguaglianza di distribuzione sta ancora nella forma ellittica dell'orbita terrestre e nella diversa velocità di moto della Terra lungo l'anno. Notammo come la Terra si trovi al perielio sui primi del gennaio, quindi pochi giorni dopo trascorso il solstizio invernale, e all'afelio, sui primi del luglio, e quindi pochi giorni dopo il solstizio estivo. Notammo eziandio come essa, durante il perielio, percorra la propria orbita colla rapidità di circa 30. 7 chilom. al secondo, cioè con una velocità ben maggiore di quella di 28.7 chilom. pure al secondo, che la domina durante l'afelio. È naturale quindi ch'essa percorra quella metà della sua orbita, che sta più prossima al perielio, in un tempo minore di quello che non sia necessario a percorrere l'altra metà, che comprende l'afelio. Realmente il tempo interposto tra l'equinozio di autunno e quello di primavera e che comprende il perielio, è più breve di quello che corre fra l'equinozio di primavera e quello di autunno, e che comprende l'afelio. Quindi siccome il polo nord comincia a vedere il sole il giorno dell'equinozio di primavera (21 marzo), nel quale quell'astro è verticale sull'equatore e sta per cominciare la sua declinazione boreale, e cessa di vederlo il giorno dell'equinozio di autunno (23 settembre), in cui esso incomincia la sua declinazione australe e sta per essere visibile dal polo sud, così il polo nord vedrà il sole durante 186 giorni, durante i quali esso starà celato pel polo sud, e non lo vedrà per 179 giorni, durante i quali esso rimarrà in vista di quest'ultimo. Le durate dei massimi periodi di luce e di tenebre per le latitudini intermedie fra i circoli polari e i poli, saranno analogamente influenzate dalla medesima causa.

(1) Quasi tutti i trattati attribuiscono una durata di 1 giorno o di 24 ore al più lungo periodo di luce sul circolo polare. Ciò è assurdo. O il più lungo giorno non arriva alle 24 ore, o appena raggiuntele, salta addirittura a qualcosa meno di 48 ore. Diffatti supponiamo che la notte solstiziale, in cui il sole si fa vedere anche alla mezzanotte al circolo polare artico, sia quella tra il 21 e il 22 giugno. Allora si avrà dunque un periodo di luce incominciato all'aurora del giorno 21 e continuato senza interruzioni fino al tramonto del giorno 22. Ma l'aurora del 21 avrà avuto luogo pochi minuti dopo la mezzanotte fra il 20 e il 21 e il tramonto del 22, accadrà pochi minuti prima della mezzanotte fra il 22 e il 23, quindi avremo un totale di quasi due giorni. Naturalmente questa condizione si verifica anche senza tener affatto conto della rifrazione, che può render visibile il sole alla mezzanotte persino alla latitudine di circa 60°.

Se il perielio e l'afelio coincidessero rispettivamente ed esattamente coi solstizî d'inverno e d'estate, l'eclittica verrebbe divisa dagli equinozî e dai solstizî in quattro parti, eguali a due a due, cioè l'autunno sarebbe eguale in lunghezza all'inverno e la primavera sarebbe eguale all'estate. Cascando il perielio e l'afelio circa 11 giorni dopo del relativo solstizio, la linea dei solstizî non viene a confondersi col grande asse dell'orbita, quindi i quattro archi, nei quali l'eclittica resta divisa in grazia della linea degli equinozî e dei solstizî, riescono tutti diseguali uno rispetto all'altro, e con essi le durate delle stagioni. Diffatti queste risulteranno come segue:

primavera	92g.	20ore	59m.
estate	93	14	13
autunno	89	18	35
inverno	89	0	2 ;

dal che ancora si vede che la durata complessiva delle due stagioni più luminose per l'emisfero settentrionale arriva a circa 186g.$^1/_2$, e quella delle stagioni opposte appena a 178g$^3/_4$. L'inverso ha luogo nell'emisfero meridionale.

Finora si è parlato del giorno, considerato come periodo di luce, qual esso dovrebbe essere matematicamente, cioè senza tener conto dell'influenza dell'atmosfera nel prolungarne la durata. Ma noi sappiamo (1) come l'atmosfera dia origine al fenomeno della rifrazione, per effetto del quale vediamo gli astri tutti più alti sopra l'orizzonte di quanto nol sieno in realtà, anzi come tale effetto sia massimo specialmente allorchè gli oggetti sono prossimi all'orizzonte, dov'esso può arrivare a produrre un rialzamento di oltre $^1/_2$ grado (33′). Ciò vuol dire che noi possiamo continuare a vedere l'intero disco del sole (c^a. 32), allorchè esso è totalmente tramontato, come lo possiamo vedere alquanto prima ch'esso realmente si levi il mattino sull'orizzonte. Questa circostanza rende più lunga la durata del giorno naturale, più breve quella della notte. Così a Milano il giorno più lungo dell'anno è di 15ore 37m. e il giorno più breve è di 8ore 38m, invece che di 15ore 29m. e di 8ore 29m., come dovrebbero essere, trascurando l'effetto della rifrazione. Questo effetto è poi massimo nelle alte latitudini e quanto più grande è la declinazione solare, è minimo all'equatore e durante gli equinozî. Al circolo polare già rende visibile il sole a mezzanotte qualche giorno prima del solstizio, come allunga ben oltre i sei mesi il periodo luminoso per la regione propria del polo.

Negli usi ordinari della vita importa conoscere

(1) V. pag. 55, e **Prospetto IX**.

Digitized by Google

la lunghezza del giorno reale, che chiameremo *fisico*, in contrapposto al giorno *matematico*, ond'è che nei calendari si suol tener conto della rifrazione nelle tabelle che offrono le diverse durate dei giorni naturali, elemento che noi trascurammo nella tabellina a pag. 194 per ragioni facili ad essere apprezzate.

Ma, oltre che con un effetto di rifrazione, l'atmosfera coopera a protrarre la permanenza della luce sopra un determinato orizzonte anche mediante un fenomeno di riflessione. Allorchè il sole è digià tramontato per noi, e quindi i suoi raggi più non illuminano la superficie terrestre racchiusa nel nostro orizzonte, esso rischiara tuttavia la porzione d'aria che sta 'sopra di noi. Riflessa dalle molecole d'aria, tale luce è sufficiente a spandere all'ingiro e nei primi momenti un grande chiarore, che scema gradatamente a mano a mano che il sole scende sotto l'orizzonte. La mattina ha luogo un analogo fenomeno nei momenti che precedono l'alzarsi del sole. Se mancasse l'atmosfera, il passaggio dalla luce alle tenebre sulla sera e dalle tenebre alla luce sul mattino avverrebbe repentinamente e senza transizioni di sorta. Invece il *crepuscolo*, che così si chiama l'accennato chiarore, rende graduato tale passaggio coll'*alba* e coll'*aurora* del mattino, e coll'*imbrunire* della sera.

A dir vero, la maggiore o minore potenza di rifrangere i raggi del sole, che l'atmosfera presenta a seconda del suo stato specialmente igrometrico, rende variabile la durata dei crepuscoli. Il calcolo però c'insegna che, per un dato orizzonte, il crepuscolo cessa completamente di essere visibile soltanto quando il sole è disceso di 18° sotto

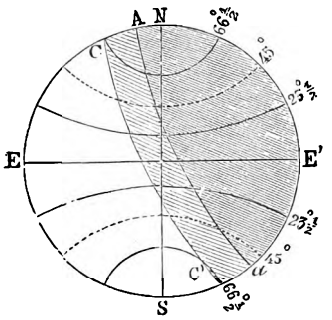


Fig. 151. — Il crepuscolo astronomico durante il solstizio invernale.

l'orizzonte medesimo. Dato che noi ci troviamo sull'equatore durante un giorno equinoziale, e che il sole quindi descriva un arco diurno tale che, seguendo l'equatore celeste, tagli l'orizzonte secondo un angolo retto, esso percorrerà tanti gradi del suo cerchio diurno quanti s'abbasserà sotto l'orizzonte. Ma a percorrere 18° dei 360° del proprio cerchio esso occupa $1^{ora}\ 12^{m}$, epperciò questa sarà la durata del crepuscolo in siffatte condizioni. Se però il sole presenta una certa declinazione, l'arco diurno taglierà l'orizzonte obliquamente, onde per trovarsi di 18° sotto ad esso, dovrà, dopo il tramonto, percorrere più di 18° del proprio arco, e quindi il crepuscolo durerà ben più a lungo del tempo ora indicato. Anzi, per le latitudini prossime o superiori ai 50°, allorchè il sole si trova al solstizio dello stesso nome, esso scende tanto obliquo rispetto all'orizzonte, che neanche alla mezzanotte non è calato di 18° sottesso, per cui il crepuscolo della sera si ricongiunge a quello del mattino e la notte intera apparisce illuminata dal suo tenue chiarore.

La *curva crepuscolare*, che separa lo spazio del cielo illuminato dal crepuscolo, da quello ch'è completamente allo scuro, al tramonto si confonde coll'orizzonte orientale; —allorchè il sole è disceso di 18°, taglia il cielo da N. a S. passando per lo zenit del luogo e allora segna la fine del *crepuscolo civile*; — allorchè, come dicemmo, il sole è disceso di 18°, si confonde coll'orizzonte occidentale e allora ha luogo la fine del *crepuscolo astronomico*. Dopo quanto s'è detto, è facile capire come la durata pel crepuscolo, sì civile come astronomico, varia secondo le latitudini e secondo le stagioni; è massima al polo e all'epoca dei solstizî; è minima all'equatore e nella zona tropicale e all'epoca degli equinozî.

4. Però i movimenti della Terra non hanno luogo con quella costanza nè con quella sem-

(1) Al polo la luce del crepuscolo civile si fa vedere 18 giorni e quella dell'astronomico 51 giorni dopo incominciata e prima che finisca la notte polare, la quale dunque viene in tal modo ridotta a circa 100 giorni di vera notte senza luce crepuscolare. La fig. 151 presenta la Terra all'epoca del solstizio invernale. Allora il circolo d'illuminazione sarebbe rappresentato dalla curva *CC'*; ma in grazia del crepuscolo astronomico una semiluce si spande lungo la zona terrestre compresa fra le curve *CC'* e *Aa*. Quindi le regioni poste a una latitudine meridionale maggiore di *a* non hanno oscurità completa neanche a mezzanotte e quelle poste ad una latitudine settentrionale minore di *A* godono di un po' di luce crepuscolare anche se si trovano entro i limiti del circolo polare.

Se questo avviene ai poli, son noti d'altra parte i bruschi passaggi dalla luce diurna alla notturna nelle regioni equinoziali, descritti dall'Humboldt e da altri.

Alla latitudine 42°, ch'è circa quella di Roma (41°54') e anche pressochè la media d'Italia, le durate dei crepuscoli son date dalla seguente tabella:

	Crepuscolo civile minuti	Crepuscolo astronomico ore	minuti
gennaio	34	1	31
febbraio	32	1	24
marzo	31	1	24
aprile	32	1	33
maggio	35	1	46
giugno	37	1	56
luglio	36	1	48
agosto	33	1	32
settembre	31	1	24
ottobre	31	1	23
novembre	33	1	30
dicembre	34	1	34

Cosicchè a Roma il giorno più lungo, che già mercè la rifrazione è di 15ore 4m., mercè il crepuscolo civile è prolungato di 1ora 14m. (37m. al mattino e 37m. alla sera), e mercè l'astronomico di quasi 4 ore.

Digitized by Google

plicità, delle quali li asserimmo forniti presentandoli ai lettori.

Anzitutto l'obliquità dell'eclittica non è già invariabile, ma da secoli va gradatamente diminuendo. Le più antiche determinazioni, che risalgono a 1100 anni avanti Cristo, le attribuiscono il valore di 23° 54′ 2″, le ultime e lo vedemmo, quello di 23° 27′ 22″, e fra quelle e queste la diminuzione è progressiva (1). Dunque quasi 27′ in 30 secoli o $\frac{9}{10}$ di minuto ogni cent'anni. In questo stesso secolo, fra il dato risultante dalle osservazioni del Delambre del 1800 (calcolate dal Bessel), che lo fissano a 23° 27′ 55″ e quello adottato oggidì, e riferibile al 1850, ci corre una differenza di 23″ circa. Per cui il valore di tale diminuzione oscilla fra 47 e 48″ al secolo.

Si discussero a lungo le conseguenze di questa diminuzione, dato ch'essa proseguisse senza limiti, e astronomi e poeti sognarono all'eterna primavera, che sarebbe stata l'effetto necessario del sovrapporsi dell'eclittica all'equatore, Invece, una volta che si riconobbe come la causa di tale diminuzione risieda nell'attrazione esercitata dai pianeti sulla Terra, e come questa attrazione si svolga secondo un determinato ciclo, si dovette concludere coll'ammettere dei limiti alla diminuzione dell'obliquità dell'eclittica, la quale, secondo lo Stockwell, potrà essere ridotta ad un minimo di 21° 58′ 36″, per ritornare in seguito ad un massimo di 24° 35′ 58″, con un'oscillazione quindi di 2° 37′ 22″. Il che non arrecherà mai modificazioni sostanziali nel carattere delle stagioni, quantunque possa portare una differenza non trascurabile (cioè di almeno 5° per ciascun emisfero) nella estensione della zona temperata, o analogamente in quella delle altre.

Parlando dell'orbita terrestre noi ne facemmo rilevare la forma di elissi lievemente eccentrica, cioè tale che ciascuno dei fochi dista dal centro solo per circa $\frac{1}{60}$ (0.01679) dell'asse maggiore, il che rende variabile per circa 5 milioni di chilom. la distanza fra la Terra e il sole. Ora, tale *eccentricità* dell'orbita terrestre non è costante. Risalendo col pensiero a 1000 secoli fa, troviamo che essa ammontava ad $\frac{1}{21}$ (0.0473) e allora fra la distanza massima e la minima del sole intercedeva una differenza non minore di 14 milioni di chilometri; scorsi quasi 240 secoli da noi, essa sarà ridotta ad $\frac{1}{300}$ (0.0033) e quindi tale differenza non giungerà al milione di chilometri (1). Fra quel massimo e questo minimo la diminuzione però non ha luogo continuamente, anzi presenta degli altri e minori periodi di aumento e di decremento e del pari, raggiunto fra 23000 anni il suo più piccolo valore, la eccentricità dell'orbita incomincierà daccapo un nuovo periodo di accrescimento. Oscillazioni analoghe, a periodi diversi, e dovute esse pure alle azioni reciproche dei varî pianeti, vengono subite da tutte le orbite planetarie; però non ne viene scossa la stabilità del sistema, dacchè, fra altro, v'è un elemento orbitale, il cui valore, in tutte queste variazioni non subisce alterazione di sorta, ed è l'asse maggiore delle orbite stesse.

Ma le attrazioni dei pianeti, e specialmente quelle dovute a Venere e a Giove, mutano un altro elemento dell'orbita terrestre, cioè la *direzione* della *linea degli absidi*. Seicento anni addietro, intorno al 1278, Co-ceu-ching, un astronomo cinese, trovava la longitudine del perielio eguale a circa 90° (Fig. 152); nel 1876 il

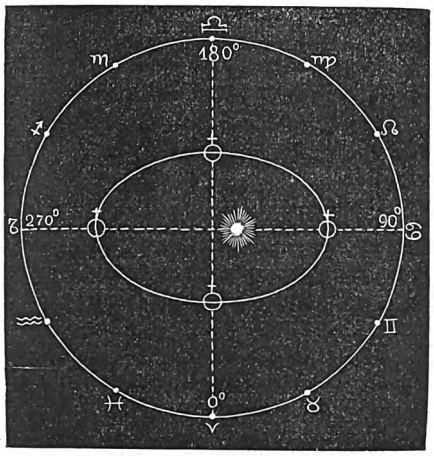


Fig. 152. — Spostamento della linea degli absidi, cioè la linea degli absidi 6 secoli addietro.

Powalky, riferendola al 1850, la riteneva di 100° 21′ 30″ (2). In altre parole, nella se-

(1) Prospetto XXVIII.

(1) Secondo lo Stockwell (1875) i limiti fra i quali può stare la eccentricità massima e minima dell'orbita terrestre sono 0.0694 $\left(\frac{1}{14}\right)$ e 0.0. Nel primo caso le distanze massima e minima potrebbero differire fra loro anche di 22 milioni di chilometri, nel secondo l'orbita sarebbe esattamente circolare.

(2) E il Leverrier, di 100°2 '21″ per lo stesso anno.

Digitized by Google

conda metà del secolo XIII l'epoca del perielio coincideva col solstizio d'inverno, oggi casca il 1° di gennaio. A cominciare dalle più antiche osservazioni a noi note di questo elemento orbitale, si vede che la sua longitudine va continuamente aumentando, o, il che è la medesima cosa, ch'esso procede sempre dall'inverno verso la primavera (1). Il moto è tale che in un anno produce uno spostamento di quasi 62″, cioè giusta il Leverrier, di 1° 42′ 50″ in un secolo, o, il che corrisponde, all'incirca di 1° ogni 58 anni. Ora, uno spostamento di un grado corrisponde pressapoco alla variazione di 1 giorno, vale a dire che se nel 1850 il perielio coincideva esattamente col 1.° gennaio, nel 1908 dovrebbe coincidere col 2 gennaio e così di seguito. Quindi esso, che 4000 avanti Cristo coincideva coll'equinozio d'autunno, nell'anno 6590 cadrà al 21 marzo, coincidendo con quello di primavera; nell'11900, al 22 giugno, cioè al solstizio d'estate; finalmente nel 17000 circa tornerà a cascare al 22 settembre, cioè all'equinozio d'autunno, compiendo il suo ciclo di circa 21000 anni. Veramente non tutto il valore del moto del perielio proviene dal suo reale spostamento. Questo ammonta a poco più di 11″7; ma esso è portato a quasi 62″ per opera della retrogradazione degli equinozî, che aumenta necessariamente la longitudine del perielio di 50″ $\frac{1}{4}$ all'anno, come vedremo fra breve.

Per quanto lento sia il moto del perielio, le conseguenze che ne derivano, a lungo andare sono importantissime per ciò che riguarda il carattere e la durata delle stagioni nei due emisferi terrestri. Noi potemmo vedere come grazie all'attuale prossimità del solstizio invernale al perielio, l'emisfero settentrionale sia felicitato di un periodo invernale più breve e, sì per motivo della minore distanza dal sole, come per quello della brevità, più mite; mentre l'opposto succede nell'emisfero meridionale. È chiaro che allorquando il perielio cadrà al 21 marzo, tale vantaggio sarà perduto e la somma dei giorni autunnali e invernali, sarà uguale a quella dei primaverili ed estivi. Analogamente, quando il perielio cadrà il 21 giugno, tale vantaggio sarà goduto dall'emisfero meridionale. Difatti, tenendo conto che la durata delle stagioni proviene dalla maggiore o minore rapidità di movimento della Terra lungo la propria orbita, le quattro principali combinazioni del perielio possono dar luogo alle seguenti proporzioni numeriche fra le stagioni stesse. Se il perielio coincide:

1. col solstizio d'inverno, — autunno e inverno di pari durata, avranno 89g. 12ore ciascuno; primavera ed estate 93g. 3ore pure ciascuna;

2. coll'equinozio di primavera, — inverno e primavera avranno durata eguale, di 89g. 12ore; estate ed autunno di 93g. 3ore ciascuno;

3. col solstizio estivo, — primavera ed estate saranno lunghe 89g. 12ore; autunno ed inverno 93g. 3ore ciascuno;

4. coll'equinozio autunnale, — estate ed autunno dureranno 89g. 12ore; inverno e primavera 93g. 3ore ciascuno.

Aggiungiamo ancora che per l'emisfero settentrionale sarà minima la durata dell'inverno e massima quella dell'estate, allorchè il perielio cadrà il 5 febbraio; sarà minima la durata dell'estate e massima quella dell'inverno, allorchè avrà luogo intorno al 5 agosto. Quella prima circostanza si verificò 18000 anni, questa seconda 7500 anni avanti Cristo.

Non facciamo adesso altre deduzioni sulle influenze che le condizioni meteorologiche dei due emisferi subiscono dall'accennato spostamento della linea degli absidi, sul quale avremo forse occasione di tornare. Vero è che, senza essere la sola, è certamente una e non delle minime cause di mutazioni nei climi locali, che formano uno fra i più importanti problemi della storia del globo e quindi della geologia.

Tutte le accennate variazioni secolari negli elementi della rivoluzione terrestre, per quanto interessanti e curiose, sono meno note, e meno facili ad essere segnalate di quella che porta il nome di *precessione* o di *retrogradazione degli equinozî*, e che venne calcolata, se non scoperta, da Ipparco, 128 anni prima di Cristo.

Noi abbiamo veduto che la Terra compie la sua rivoluzione intorno al sole in 365g. 256 (365g. 6or. 9m 11s.), e dicemmo come tale periodo sia noto sotto il nome di *anno sidereo*. Difatti, se adesso noi notassimo la coincidenza del centro del sole con una data stella, sarebbe mestieri precisamente di 365g.256, perchè il sole tornasse a coincidere in modo esatto con quella determinata stella. La determinazione dell'anno sidereo non è facile, nè il suo cominciamento e il suo termine sono segnati da fenomeni tanto cospicui, da poter essere facilmente avvertiti. Più acconcio invece apparve fin dai primi tempi ricor-

(1) Sapendo che la longitudine si computa a partire dall'equinozio di primavera, può parer contraddizione l'asserire che col crescere della sua longitudine il perielio va approssimandosi alla primavera. La contraddizione è apparente e proviene dalla mutazione a cui dà luogo il considerare il moto apparente del sole invece che quello reale della Terra. La fig. 152 indica la posizione del perielio 600 anni fa, cioè quando esso aveva la longit. di 90°. Una semplice occhiata alla figura mostra com'esso procedendo verso la primavera (♈) avrà una longitudine sempre crescente.

Digitized by Google

rere per i bisogni della vita ordinaria ad un altro periodo annuo pur segnato dal sole. In realtà, appare troppo facile avvertire come ogni anno il sole passi per gli equinozî e per i solstizi, perchè non si offra opportuno di assumere a periodo annuo uno di tali ritorni. Senonchè si osserva che, per es., l'equinozio di primavera impiega qualcosa meno di una rivoluzione terrestre a riapparire. Se quindi noi segnaliamo la coincidenza del centro del sole e di una stella esattamente nel momento dell'equinozio, questo si ripeterà circa $20^m.$ 23^s prima che si compia l'anno sidereo, cioè *precederà* di altrettanto tempo il ritorno del sole a quella determinata stella. Ne deriva che *l'anno tropico*, cioè *l'intervallo di tempo compreso fra due successivi equinozî di primavera*, sarà alquanto più breve dell' anno sidereo e precisamente durerà 365 g 2422 ovvero $365^g.5^{ore}48^m.47^s.$ in media (1). È noto poi come il nostro anno civile si basi appunto sopra quest'anno tropico, e come, per togliere il guaio delle frazioni dei giorni, si sia adottato l'uso di un anno bisestile ogni quattro, ad eccezione di tre anni secolari ancora su quattro (2).

Sappiamo che, oltre il moto apparente diurno da levante a ponente, il sole ne presenta un altro annuo in senso inverso, cioè da ponente a levante lungo le costellazioni, e come quest'ultimo si chiami moto diretto. Ora, l'equinozio di primavera, anticipando di alquanto sul ritorno del sole allo stesso punto del cielo, si sposta annualmente in senso contrario al moto diretto, retrogradando lungo l'eclittica. Ecco perchè alla precessione fu dato anche il nome di *retrogradazione degli equinozî*. Ma a noi ancora è noto come le longitudini celesti si computino a partire dall'equinozio di primavera e contando da ponente a levante, cioè nel senso del moto diretto. La retrogradazione dell'equinozio porta quindi la necessaria conseguenza che le longitudini di tutte le stelle debbono accrescersi di tanto di quanto si sposta verso ponente l'equinozio in virtù della retrogradazione.

(1) L'*anno tropico* non è perfettamente invariabile, perchè appunto il valore della precessione non lo è. Però le differenze sono quasi trascurabili, ammontando appena a pochi secondi per secolo. L'anno della nascita di Cristo, dovette essere lungo 365g. 5ore 48m. 57s 14; mentre l'anno 1883 è stato lungo 365g. 5ore 48m. 45s. 94, cioè circa 11 secondi meno di quello.

(2) Non ci sembra nostro compito rifare qui la storia del calendario, già largamente svolta in tutti i trattati di astronomia. Vedine del resto un succoso riassunto in un articolo pubblicato da E. Millosevich (*La réforme du calendrier*) nel periodico *L' astronomie* del Flammarion, Anno 2.°, 1883, pag. 294.

Questo annuo accrescersi delle longitudini stellari fu appunto la scoperta che Ipparco potè fare, confrontando le sue osservazioni con quelle di Timocari e di Aristillo (284 a. Cr.). La determinazione della stella α (Spica) della Vergine, che Ipparco stesso compieva, assegnandole 174° di longitudine per quell'anno 128 a. C., mentre adesso essa si trova a 202°, permise che si potesse stimare almeno approssimativamente il valore della precessione a circa 28° nei 20 secoli, che ci separano dall' astronomo greco. Realmente adesso tale valore si stima a circa $50'' \, 1/4$ ($50''$ 234 secondo lo Struve, $50''$ 236 secondo il Leverrier) per anno, cioè suppergiù a 1° 23'43'' per secolo (1).

Parlando dello schiacciamento terrestre noi accennammo come la causa della precessione degli equinozî sia da attribuirsi all'attrazione che la luna e il sole esercitano sul rigonfiamento equatoriale. Difatti procede da essa che il piano del nostro equatore non rimane invariabile, ma si sposta in modo che il suo asse, invece che rimanere sempre parallelo a sè stesso, come noi asserimmo, viene a descrivere, simile in tutto a una trottola, intorno al polo dell'eclittica e di moto retrogrado, un' elisse avente il semidiametro di circa $23 \, {}^{01}/_{2}$. Lo spostamento del piano equatoriale fa sì ch'esso deve necessariamente incontrarsi col piano dell'eclittica in un punto ogni anno alquanto diverso, e siccome il polo terrestre percorre la sua elisse intorno all'eclittica, da levante a ponente, l'incontro dei due piani (cioè l'equinozio) deve succedere alquanto più a ponente, ogni anno, cioè retrogradare sul moto delle stelle.

Sapendo poi come il valore annuo della precessione sia di $50'' \, 1/4$ circa, sarà facile dedurre che il moto dell'asse terrestre intorno a quello dell'eclittica si deve chiudere in un ciclo assai esteso, ma determinabile, che si valuta a circa 25765 anni (2).

Questo movimento dell' equatore terrestre arrecò altresì due conseguenze importanti per gli studiosi del cielo: lo spostamento dei segni dello zodiaco; quello dei poli celesti.

All'epoca d'Ipparco, l'equinozio di primavera avea luogo allorchè il sole si trovava nella costellazione dell'Ariete; oggi, al 21 o 22 marzo, giorni in cui succede l'equinozio, esso si trova invece in quella dei Pesci, dacchè,

(1) Secondo lo Stockwell a $50''438$ all'anno ($1°24'38''$ al secolo) come valore medio, che può oscillare fra $48''212$ e $52''664$.

(2) Ovvero a 25695 anni, secondo lo Stockwell.

Digitized by Google

l'equinozio si è spostato retrogradando di 28°. Siccome le dodici costellazioni dello zodiaco corrispondono ad altrettante divisioni dell'anno, e quindi in origine potevano servire a designare dei cicli mensuali, diversi tra loro o per carattere meteorologico o per ispeciali relazioni coll'agricoltura o con altre occupazioni umane, i nomi e i segni convenzionali, a ciascuna costellazione allora stati attribuiti, o dovevano perdere il loro significato celeste o l'ufficio d'indicatori delle stagioni annue. Avendo conservato quest'ultimo, essi dovettero uscire dalla costellazione che un tempo designavano, e adesso occupano il posto e designano la costellazione precedente a quella. Così il segno dell'Ariete è nella costellazione dei Pesci, il segno del Toro è in quella dell'Ariete, e via di seguito (1).

D'altra parte lo spostamento dell'asse di rotazione arreca seco quello dei poli celesti.

Adesso per noi funge da *polare* la stella α dell'Orsa Minore, dal quale astro il polo celeste non dista più di 1° 19′ 13″. Nel suo giro intorno al polo dell'eclittica, il polo celeste andrà per qualche tempo, cioè fino al 2095, avvicinandosi alla Polare, poi se ne allontanerà e andrà avvicinandosi ad altre stelle delle costellazioni di Cefeo, del Cigno, della Lira, per tornare da ultimo all'Orsa Minore. Splendida e cospicua sarà la polare fra 12000 anni, dacchè allora sarà rappresentata dalla Vega della Lira.

Analogamente, per una data località terrestre si muterà il cielo stellato. Alcune delle circumpolari cesseranno di esser tali e le sostituiranno altre stelle, che oggi noi vediamo a qualche ora della notte tramontare; e del pari si renderanno visibili per le nostre latitudini alcuni astri dell'emisfero meridionale, oggi a noi celati, rinnovando quella vicenda che già segnalammo (2) a proposito della splendida Croce del Sud.

Colla precessione degli equinozî noi non abbiamo esaurito ancora la serie delle modificazioni dalle quali sono affetti i due principali movimenti terrestri: quello di rotazione e quello di rivoluzione. L'equinozio non retrograda uniformemente, ma presenta delle oscillazioni secondo un periodo di 18 anni e $^{3}/_{5}$ circa; e in pari tempo l'angolo che l'asse terrestre fa con quello dell'eclittica non si mostra costante, ma presenta degli accrescimenti e delle diminuzioni collegate con quello stesso periodo. Questa oscillazione è nota sotto il nome di *nutazione*, e si spiega a questo modo. L'asse terrestre non descrive precisamente un'elisse intorno all'asse dell'eclittica, come abbiam detto or ora, ma descrive invece una piccolissima elisse, il cui centro percorre a sua volta l'elisse maggiore. Questa, come sappiamo, ha un semidiametro di 23° $^{1}/_{2}$; l'elisse prodotta dalla nutazione ha un semigrand'asse di circa 9″ $^{1}/_{4}$, quindi inapprezzabile senza l'uso di strumenti astronomici. È facile capire come questa seconda elisse renda possibili le variazioni dell'angolo fra l'asse della Terra e l'asse dell'eclittica, come se quello percorresse una specie di serpeggiante intorno a questo.

La nutazione è dovuta essa pure all'azione che la luna esercita sulla Terra a seconda della posizione che il piano della sua orbita presenta rispetto al piano dell'eclittica. Difatti il periodo di 18 anni $^{3}/_{5}$, che vale per la nutazione, è il periodo che detto piano segue per riprendere la sua posizione originaria.

La nutazione fu riconosciuta teoricamente quale fenomeno necessario dal Newton; ma scoperta soltanto nel 1737 dal Bradley, che aveva segnalato alcuni spostamenti di stelle, appunto avveratisi durante quel periodo lunare di 18 anni e $^{3}/_{5}$.

Diverso da tutti questi varî movimenti sarebbe quello di un reale spostamento dei poli lungo la superficie terrestre, spostamento segnalato dalle diminuzioni delle latitudini avvertite negli ultimi cento anni in parecchi dei principali osservatorî d'Europa (1). Per comprendere quanto sia leggiero il valore del presunto spostamento, basta dire che tale diminuzione delle latitudini si stima non maggiore di 1″ o di 1″ $^{1}/_{2}$ nell'ultimo secolo, il che arreca la conseguenza che il polo nord si è allontanato dalle nostre regioni e l'equatore si è avvicinato ad esse di forse 30 o 35^{m}. nell'istesso periodo di tempo.

Quantunque siffatto lento spostarsi del polo non sia improbabile e nemmanco inesplicabile, anzi quantunque esso possa egregiamente servire a dar ragione di molte fra le

(1) La opportunità di questo passaggio dei segni era già avvertita dagli astronomi tolemaici, come si può scorgere nella nostra fig. 72, a pag. 87.

(2) A pag. 2.

(1) V. in proposito SCHIAPARELLI. *Il movimento dei poli di rotazione sulla superficie del globo* in *Bullett. del Club Alp. it.*, N. 49. pag. 9, Torino Candeletti, 1883; — ZÖPPRITZ. *Veränderung der Rotationsaxe der Erde*, in *Geogr. Jahrb.* VIII, 1880, pag. 23; — *Annuario scient. indust.*, Anno XIII, 1876, p. 26; Anno XIV, 1877, p. 36; Anno XV, 1878, p. 576.

Digitized by Google

mutazioni morfologiche e climatiche avvenute nell'età geologiche trascorse, un'opera come questa nostra non può per ora nè accettarlo come cosa sicura, nè respingerlo come privo di fondamento, e nemmeno entrare a discuterlo, affrontando un problema irto di scogli e di oscurità, intorno al quale si occupano di proposito insigni uomini quali il Fergola, il Millosevich, lo Schiaparelli in Italia, il Carret in Francia, il Nyren in Russia, il Thomson, l'Haughton, G. H. Darwin in Inghilterra ed altri ancora. A noi bastò averlo accennato,

Così i movimenti del globo nostro, che dapprima ci si palesavano semplici, sono andati un po' alla volta complicandosi davanti alle indagini diligenti istituite intorno ad essi. Alla rivoluzione e alla rotazione dovemmo aggiungere l'oscillazione dell'obliquità dell'eclittica, le variazioni dell'eccentricità, lo spostamento del perielio, la precessione degli equinozi, la nutazione e da ultimo perfino una specie di scorrimento della linea dei poli sulla superficie del globo. Avremmo forse potuto aggiungere altre mutazioni prodotte da speciali perturbazioni planetarie e la traslazione della Terra nello spazio, assieme all'intero sistema solare. Di questa parlammo: quelle son troppo esigue, perchè ci sia permesso trattarne di proposito.

Ma veramente, considerate nell'assieme, queste grandi variazioni che si avvicendano secondo periodi diversi, talvolta limitati a pochi anni, talaltra estesi a molti secoli, si riducono tutte a semplici manifestazioni della forza di gravitazione universale, colle cui leggi fondamentali tutte si esplicano. Nemmeno per una sola fra esse la causa che le determina ha saputo sfuggire, talchè a noi ora è permesso di asserire come fra le minime oscillazioni di un pendolo da gabinetto e quelle massime che segue il nostro globo fra le miriadi dei mondi e che durano centinaia di secoli, non vi sia che una sola differenza, e forse nemmeno essa sostanziale: quella delle proporzioni.

5. I moti terrestri di rotazione e di rivoluzione, colle varie combinazioni che generano, rendono anche possibile orientarsi sopra la Terra, cosa non del tutto facile, a motivo della forma ch'essa presenta. Diffatto la figura circolare dei suoi orizzonti, come quella generale di globo, che noi sappiamo spettarle, nella loro uniformità, sembrano escludere la esistenza di accidenti che permettano di trovare esattamente le rispettive posizioni di punti diversi sulla sua superficie.

Già tuttavia notammo come le stelle si alzino tutte da una parte del cielo, che chiamammo *levante*, od *oriente*, od *est*, e tramontino dalla parte opposta, alla quale demmo il nome di *ponente*, od *occidente*, od *ovest*, e come vi sieno due punti del cielo, detti *poli*, dove il moto apparente delle stelle è nullo. La osservazione di questi fatti ci permette di segnare sopra qualsiasi degli orizzonti terrestri quattro punti fondamentali, detti *punti cardinali*, necessarî per la nostra orientazione. Però, mentre le direzioni di due fra questi punti, il *settentrione* e il *mezzogiorno*, ci sono indicate senza incertezze dai due poli, boreale ed australe, le direzioni del *levante* e del *ponente*, da quanto dicemmo, sarebbero indicate con termini troppo vaghi, perchè noi potessimo formarcene una idea precisa. Ora, qualunque sia il nostro orizzonte, se imaginiamo un piano, che vada da un polo all'altro passando pel nostro zenit, o, più brevemente, un piano meridiano, la intersezione di tale piano colla superficie terrestre dividerà l'orizzonte accennato in due emicicli eguali: uno a levante, l'altro a ponente. Dividendo un'altra volta i due emicicli così risultati in due parti eguali, i due punti della circonferenza dell'orizzonte in cui succederà la nuova divisione, saranno esattamente i due punti cercati: il levante e il ponente. Tali punti si potrebbero poi ancora ottenere osservando il sorgere e il tramontare di una stella, che avendo declinazione eguale a 0^0, percorra la curva segnata dall'equatore celeste, ovvero quelli del sole in due epoche dell'anno, cioè nelle epoche degli equinozi. Invece essi non sono determinabili nel caso che si supponga di essere sopra un orizzonte avente per centro il polo e per asse l'asse terrestre, dacchè per esso una stella avente declinazione 0^0 non sorge nè tramonta mai, e del pari da un polo all'altro si può condurre un numero infinito di piani.

È noto come i quattro punti *cardinali* (così detti perchè, secondo antiche traduzioni, le plaghe da essi segnate corrispondevano ai *cardines mundi*) sieno adesso designati coi seguenti nomi: *nord* (N), *settentrione*, *borea*, *tramontana*, *mezzanotte*; — *sud* (S), *mezzogiorno*, *austro*; — *est* (E), *oriente*, *levante*; — *ovest* (O o W), *occidente*, *ponente*.

I nomi di *nord*, *sud*, *est* ed *ovest* hanno origine germanica, nè la loro etimologia è nota con certezza. Il nome di settentrione deriva dai *septem triones*, i sette bovi del carro, le sette stelle dell'Orsa (1),

(1) I latini davano il nome di *Septentrio* dapprima all'*Orsa maggiore*, poi anche alla *minore*.

Digitized by Google

di cui una, l'α, serviva un tempo e serve tuttavia da polare boreale. Il nome greco di *borea* pare sia tratto dalla posizione settentrionale delle montagne rispetto alla penisola o ai mari ellenici, con perfetta analogia col nome italiano di *tramontana*; quello di *austro* dal nome del vento analogo; gli altri dalla posizione del sole al sorgere, al tramontare, ovvero all'istante della sua culminazione superiore od inferiore.

Coll'aiuto dei punti cardinali, si divide l'orizzonte in quattro quadranti che si convenne di designare coi numeri 1°, 2°, 3°, 4° (Fig. 153). Ma essendo

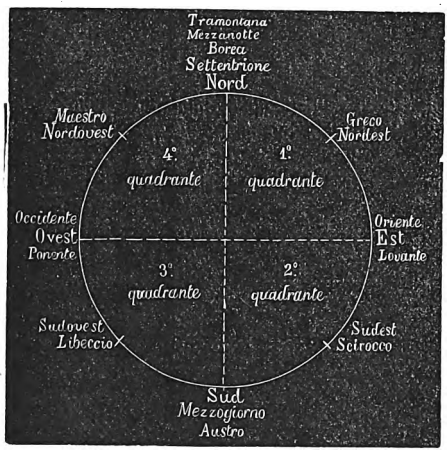


Fig. 153. — I quadranti dei venti.

ancora lo spazio compreso da ciascun quadrante, troppo vasto, perchè possa aver luogo una orientazione abbastanza minuziosa in esso, si convenne di dividerlo ancora in due, o in tre, od anche in sei e più parti. E, poichè le norme per l'orientazione erano necessarie specialmente ai marinai e si collegavano sopratutto colle direzioni dei venti, a riprodurle in forma pratica e visibile, nell'antichità si costruivano le così dette *torri dei venti*, ottagone talvolta o dodecagone, e più tardi le *stellae maris* o le *rose dei venti* ad 8, a 16, a 32 rombi (1).

Ai rombi precisamente intermedî fra i quattro punti cardinali, noi altri italiani diamo i nomi marinareschi di *greco, sirocco, libeccio* (2) e *maestro*, corrispondenti a quelli di *nordest* (NE), *sudest* (SE),

(1) Sulla storia delle rose dei venti, vedi sopratutto D'AVEZAC, *Aperçus historiques sur la rose des vents* in *Bollettino della Società geogr. italiana*, Anno VIII, 1874. vol. XI, pag. 377.

(2) Queste tre denominazioni probabilmente hanno origine dalle provenienze dei venti a riguardo dei mari italiani, e cioè il NE dalla penisola *greca* estendendone alquanto il nome, il SE dalla *Siria*, il SO dalla *Libia* (Africa). In molte parti d'Italia si adopera tuttavia l'*Ostro* per S. e il *Garbino* per O. Quest'ultima voce è di origine arabica. significa appunto *ponente*, e si riscontra in *Maghreb* o *Magherb*, Marocco o estrema parte occidentale d'Africa, *Algarve* in Portogallo, ecc. Si noti che i nomi marinareschi italiani dominano anche oggidì in buona parte del Mediterraneo orientale. Certo è che i marinai greci si servono della rosa dei venti italiana.

sudovest (SO o SW), *nordovest* (NO o NW), prevalenti con piccole modificazioni fra le principali nazioni straniere, e ormai anche nei nostri libri scientifici e scolastici. I rombi intermedî fra gli otto, ai quali

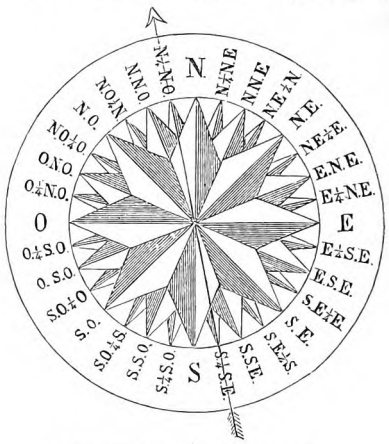


Fig. 154. — La rosa dei venti.

siam giunti, si designano ancora con *greco-tramontana* o NNE, *greco-levante* o ENE, *sirocco-levante* o ESE, *ostro-libeccio* o SSE, *ponente-libeccio* od OSO, *ponente-maestro* od ONO, s da ultimo *mastro-tramontana* o NNO. Le divisioni ancora ulteriori s'indicano, per es., con *tramontana quarto greco* (1) o N $^1/_4$ NE, *greco quarto tramontana* NE $^1/_4$ N, *greco quarto levante* o NE $^1/_4$ E, *levante quarto greco* o E $^1/_4$ NE, e così di seguito (2). È possibile anche procedere ad una divisione in 64 rombi; ma essa riesce già soverchiamente complicata, epperciò approfittando

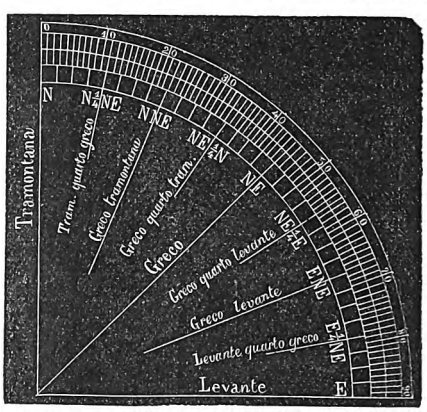


Fig. 155. — Il primo quadrante nella rosa italiana dei venti.

della solita divisione del circolo, le è sostituita la espressione per gradi, tenendo conto che ogni qua-

(1) O anche *quarto di tramontana per greco, quarto di greco per tramontana*, ecc.

(2) Vedi in proposito *Kompass oder Windrose der Seeleute und ihre Benennungen bei den verschiedenen seefahrenden Völkern* in *Geogr. Jahrb. I Jahrg.* 1866, pag. CIII. e il nostro **Prospetto XXIX.**

Digitized by Google

drante ne comprende 90, e prendendo quali punti d'origine del computo i punti nord e sud. Così N 5° E significa che il punto sta fra N ed E, ma dista dal N. solo 5°; N5°O indica la posizione simmetrica a quella verso ponente, e così per analogia S 45° E, S 45° O distano entrambi dal sud di 45°; ma il primo verso E, il secondo verso O. Nella figura 155 noi riproduciamo, per esempio, uno di tali quadranti così sviluppati. Gli altri si possono imaginare per analogia.

Nella pratica, un orientamento approssimativo non è difficile, osservando di giorno la posizione del sole, di notte quella delle stelle. L'emisfero settentrionale ha ancora il vantaggio di scorgere una stella assai cospicua l'α dell'Orsa minore, posta a tanto piccola distanza (1° 19′) dal polo, che serve egregiamente da Polare, il che manca all'emisfero antartico, la plaga circumpolare del quale era segnalata come povera di stelle splendide, fin da quando, fra i primi, la descriveva Amerigo Vespucci (1). Soltanto in via di larga approssimazione, alla mancanza di una polare australe possono supplire le Nubi Magellaniche.

In tempo di nubi o di bruma, l'orientamento si può ottenere a mezzo della bussola, strumento basato, come tutti sanno, sulla proprietà di volgersi ai poli, spettante all'ago magnetico, e costrutto semplicemente coll'aver centrato l'ago sulla rosa dei venti. Nel servirsi della bussola è mestieri por mente però alla *declinazione* (2) dell'ago, declinazione che varia col variare delle località, e secondo periodi diurni, annui e secolari. Della qual cosa avremo occasione di occuparci a maggiore agio in avvenire (3).

Ma oltre alla orientazione limitata ad un orizzonte qualsiasi, i varî moti della Terra rendono possibile una orientazione estesa a tutta la sua superficie. Questo si ottenne coll'inscrivere intorno alla Terra medesima un reticolo, costituito da linee imaginarie geometriche facilmente riproducibili, e il cui primo embrionale concetto risale probabilmente a Dicearco da Messina e al suo *diafragma* (separazione), ideato 3 secoli circa avanti Cristo e perfezionato più tardi da Eratostene.

In origine, la questione si riduceva a fissare sulla Terra delle linee, alcune delle quali venissero, stiamo per dire, a designarsi da loro stesse. Il moto rotatorio terrestre fa sì che, nel periodo di 24 ore, tutti i punti del globo descrivano delle circonferenze di circoli, i piani dei quali, perpendicolari all'asse di rotazione e quindi paralleli fra loro, di necessità sono minimi presso i poli, massimi alla più grande distanza da questi. E precisamente la linea di maggiore distanza dai due poli, l'*equatore*, a motivo della sua posizione e della sua grandezza, venne tosto distinta dalle altre, chiamate *paralleli*, appunto perchè i piani ch'esse racchiudono sono paralleli fra loro. L'*equatore*, o *linea equinoziale*, poi, è il maggiore fra i paralleli, è egualmente distante dai due poli, trascorre lungo i punti del massimo rigonfiamento terrestre e della massima velocità rotatoria, divide l'uno dall'altro i due emisferi australe e boreale, da ultimo esercita una funzione decisiva nella ripartizione della luce e del calore, nonchè in quella delle direzioni spettanti ai moti delle correnti aèree ed oceaniche sul globo.

Ond'è che doveva essere scelto come prima base, come linea di partenza, nel computare i paralleli.

Il numero di questi è pari al numero dei punti terrestri interposti fra l'equatore e ciascuno dei poli, cioè infinito. Tuttavia per un determinato punto terrestre, e riesce facile comprenderlo, non si può far passare più di un parallelo.

A compiere la costruzione del reticolo, che dicemmo imaginato a circoscrivere la Terra, erano necessarie delle altre curve. Qualsiasi piano, che passi per l'asse della Terra, viene ad intersecare la superficie di questa secondo una curva, che passa per i due poli e che taglia sotto angolo retto tutti i paralleli e con essi l'equatore. Questa curva è nota sotto il nome di *meridiano*, e siccome il numero dei piani che possono passare per l'asse terrestre è infinito, così è infinito anche quello dei meridiani. Anche qui però giova osservare che per un dato punto terrestre non si può far passare più di un meridiano. Geometricamente un meridiano comprende una circonferenza intera; geograficamente s'intende di consueto una semicirconferenza condotta da un polo all'altro. Ciascun meridiano geometrico divide

(1) HUMBOLDT. *Cosmos*, III., pag. 279, 285 e 292.

(2) A pag. 80, nota 3, avvertimmo che per *declinazione magnetica* s'intende *l'angolo che la direzione dell'ago forma col meridiano del luogo dove si osserva*. Per l'Italia la declinazione adesso è *occidentale*, ossia devia dal polo astronomico verso ponente, però con notevole diminuzione annua. A Roma, nel 1878 il valore della declinazione era di 11°50′ con diminuzione annua di 5′.9; a Venezia nel 1877 era di 12°02′ con diminuzione annua di 5′.5. Adesso quindi a Roma dovrebbe essere intorno ad 11°20′, a Venezia intorno ad 11°29′. Nella fig. 154 la declinazione è indicata dalla freccia.

(3) Per la pratica dell'orientamento cnfr. KALTBRUNNER *Manuel du voyageur*, Zürich, Wurster, 1879. pag. 21 e 65

Digitized by Google

la Terra in due emisferi: *orientale* ed *occidentale*.

Prolungando il piano del meridiano di un punto qualsiasi fino a toccare l'apparente sfera celeste, esso verrebbe a dividere per metà ciascuno dei paralleli celesti, e quindi dividerebbe pure il cielo in due emisferi: orientale ed occidentale. Siccome ogni astro nel moto diurno descrive un parallelo celeste, è appunto nel momento in cui passa pel meridiano superiore, ch'esso si trova nella culminazione superiore e quindi comincia la sua discesa. Così il passaggio del sole al meridiano superiore di quel punto avrà luogo a eguale distanza fra il momento del suo sorgere e quello del suo tramontare, cioè all'ora del mezzogiorno (*meridies*). Analogamente il suo passaggio al meridiano inferiore avrà luogo a eguale distanza fra il tramonto e la successiva levata, cioè alla mezzanotte.

Meridiani, e paralleli, incrociandosi, vengono a formare sulla Terra una serie di *ordinate* e di *ascisse*, che facilitano il rinvenimento e la identificazione di ciascuno dei suoi punti. Diffatti, per trovare qualsiasi punto della sua superficie, ci è sufficiente conoscere la distanza dall'equatore e da una linea perpendicolare all'equatore, cioè da un meridiano. Gli elementi, che costituiscono le *coordinate geografiche* di un punto, per ora si possono dunque ridurre a due: *latitudine e longitudine* (1). Il significato etimologico dei loro nomi, cioè *larghezza* e *lunghezza*, contrasta con quanto noi ora sappiamo della figura e delle dimensioni terrestri, e risale alle epoche, nelle quali si giudicava la Terra piana e di forma oblunga, avente il massimo sviluppo da ponente a levante. Adesso la latitudine di un punto si può definire: *l'arco di meridiano compreso fra esso, o fra il suo parallelo, e l'equatore*, — e si riduce ad essere la minima distanza superficiale fra detto punto e l'equatore medesimo. La longitudine di un punto si definisce *l'arco di equatore, o di parallelo, compreso fra il punto, o fra il suo meridiano, e un meridiano prestabilito*, — e anche in questo caso corrisponde alla minima distanza superficiale possibile fra quel punto e quel meridiano.

(1) Sopra un piano determinato la posizione di un punto si può esprimere a mezzo di due coordinate soltanto perchè in tal caso si conosce o si suppone di conoscere la posizione del piano. Ma per conoscere la posizione di un punto nello spazio sono necessarie tre coordinate. Nel caso nostro la terza coordinata sarebbe l'*altitudine*, cioè *la distanza di un punto dal centro terrestre*, ovvero *da un piano comune di livello*. Siccome però fin adesso noi consideriamo la Terra come se le spetti una forma rigidamente geometrica, si suppone che tale coordinata risulti dalle altre due e specialmente dalla latitudine, ed ogni punto terrestre per ora si considera come posto sulla superficie normale dello sferoide. La trattazione di quanto riguarda la terza coordinata troverà posto allorchè tratteremo delle accidentalità orografiche.

Da queste definizioni e da quanto dicemmo a proposito dei paralleli e dei meridiani, è ovvio dedurre: *a*) che tutti i punti dell'equatore hanno latitudine nulla, come tutti quelli del meridiano prestabilito hanno longitudine nulla; *b*) che tutti i punti di uno stesso parallelo hanno la medesima latitudine e quelli di uno stesso meridiano hanno la medesima longitudine; *c*) che il valore della latitudine varia da 0° (equatore) a 90° (poli) per ciascuno dei due emisferi, boreale ed australe, mentre quello della longitudine varia da 0° a 360°. Fino a questi ultimi tempi, la longitudine si computava da molti andando da ponente a levante e numerando di seguito da 0° a 360°. Altri però usavano partire dal meridiano iniziale e contavano 180° verso levante e 180° verso ponente. Recenti discussioni dei più valenti astronomi e geodeti del globo si conclusero affermando preferibile senz'altre il primo metodo al secondo. (1).

Ne segue poi che, scegliendo il secondo metodo, le longitudini si dividano in *orientali* ed *occidentali*, preso per linea divisoria il meridiano iniziale, mentre di necessità le latitudini si debbano distinguere in *boreali* ed *australi*, essendo in questo caso linea divisoria l'equatore.

Per l'origine delle latitudini noi vedemmo che l'equatore si presenta troppo opportuno perchè fosse possibile star a lungo incerti sulla scelta di un parallelo iniziale. Così non avviene per le longitudini. I meridiani, e noi lo sappiamo, sono altrettante elissi, sensibilmente eguali fra loro, in modo che nessuna di esse può presentare delle qualifiche indiscutili per essere preferita. Nei primi schemi di coordinate terrestri, come in quello di Eratostene, non appaiono segnati i meridiani e i paralleli ad eguali distanze fra loro, ma figurano soltanto quelli che passano per le località più cospicue del globo: Rodi, Atene, Alessandria, le colonne d'Ercole e consimili. L'idea della necessità di un *meridiano iniziale*, o *fondamentale*, o *meridiano dello zero*, o *primo meridiano*, sorse colle carte di Marino da Tiro e di Tolomeo, basate sopra un

(1) Alludiamo ad uno dei voti pronunciati nella *VII Conferenza geodetica internazionale*, tenutasi in Roma nell'ottobre di quest'anno 1883 (V. *Boll. della Soc. geog. ital.*, nov. 1883, pag. 820 e seg.).

È noto poi come pel sistema prevalso fin oggi, i *gradi* terrestri, come quelli del circolo, si dividano in 60 *minuti* ciascuno, ogni minuto in 60 *secondi* e, ove occorra, ciascun secondo in decimi o in centesimi. Un altro dei voti della conferenza afferma l'utilità che nella divisione del circolo venga generalmente prescelto il sistema decimale.

Digitized by Google

vero reticolo uniforme di meridiani e di paralleli, e allora parve preferibile quello delle isole Fortunate, probabilmente le Canarie, poste all'estremo limite occidentale della Terra conosciuta alla antica civiltà mediterranea. Il meridiano delle Fortunate però non venne accettato da tutti i cartografi e gli astronomi; anzi la storia dei varî meridiani, prescelti a volta a volta sarebbe lunga e complicata (1). Così i geografi arabi prescelsero ora quello delle Fortunate, ora quello della cupola di Arin, di difficilissima identificazione, e gli astronomi della stessa nazione quelli delle principali città del dominio arabo; così più tardi si propose quello di Gerusalemme, o quello della *linea senza declinazione magnetica* (la *raya de marquation*), o quello che passava per una o per l'altra delle Canarie, o delle Azzorre; così si cominciò anche da molti geografi a proporre per meridiano iniziale quello che passava per un punto od un altro del territorio spettante alla propria nazione. A togliere i guai e la confusione che provenivano da siffatte scelte arbitrarie e spesso irrazionali, in seguito a iniziativa del Richelieu, Luigi XIII raccolse a Parigi un congresso di dotti, il quale nel 1634 propose quale primo meridiano universale quello che passa per *l'isola del Ferro* (Hierro), la più occidentale delle Canarie, e che presentava il vantaggio di accordarsi pressapoco col meridiano delle Fortunate, di dividere il vecchio mondo e il nuovo secondo i due emisferi orientale ed occidentale, e di non essere argomento di gelosie politiche, come quello che non toccava il territorio nazionale di nessuno fra i grandi Stati d'Europa. La sua vera longitudine geografica però rimase a lungo incerta, finchè il Borda e il Pingré non la fissarono a 20°30′0, per la punta occidentale e a 20°17′0, per la punta orientale dell'isola del Ferro, rispetto a Parigi. Ma poi, avendo Guglielmo Delisle proposto e ottenuto che il meridiano dell'isola del Ferro si stabilisse arbitrariamente a 20°0 da Parigi, esso veniva a cadere di fatto fra le isole Ferro e Gomera, e il vero meridiano di base divenne realmente quello dell'osservatorio di Parigi. Non farà quindi meraviglia, se, fondatosi nel 1675 l'osservatorio di Greenwich, gl'Inglesi vi riferissero dapprima tutte le osservazioni d'interesse nautico, e poscia prendessero quel meridiano a base di tutti i loro vasti e numerosi lavori cartografici. E del pari si troverà naturale che altre nazioni, per i servizî topografici e nautici prescegliessero i meridiani passanti per l'osservatorio principale del loro territorio, aumentando ognuno dal proprio canto la confusione, le cause di errori e di danni, — come pure che d'altra parte si moltiplicassero le proposte dei dotti per la scelta di un meridiano iniziale comune a tutto il globo. In realtà però, prima di adesso, nella cartografia scentifica e scolastica, ebbero carattere internazionale solamente i meridiani di Parigi, del Ferro (che come sappiamo si basa sopra quel primo) e di Greenwich. Ma, nella nautica, vero carattere largamente internazionale lo ebbe solo quest'ultimo, adottato *esclusivamente* dalle marine della Gran Brettagna e delle sue colonie, e da quelle degli Stati Uniti d'America, dell'Italia, dell'Austria, dell'Olanda, del Belgio, del Giappone e di altri Stati; prescelto *cumulativamente* col meridiano di Cristiania dalla marina norvegese, con quello del Ferro dalla tedesca, con quelli di Pulkowa e del Ferro dalla russa, con quelli di Stoccolma e di Parigi dalla svedese, con quelli di Copenhagen e di Parigi dalla danese, con quello di Rio de Janeiro dalla brasiliana. Il meridiano di Parigi è usato *esclusivamente* soltanto dalla marina francese, quello di Cadice dalla spagnuola, quello di Lisbona dalla portoghese.

Ecco quindi che, in ultima analisi, possiamo ridurci a considerare quali meridiani fondamentali quei due di Greenwich e di Parigi. Però mentre qui appresso ne presentiamo al lettore la posizione reciproca, ad essi aggiungiamo quello del Ferro soltanto allo scopo di facilitare il ragguaglio fra l'uno e l'altro. Da ultimo diamo il ragguaglio di tali meridiani col principale meridiano d'Italia, cioè quello di Roma, il cui osservatorio del Campidoglio (1) è posto in relazione coi principali osservatorî astronomici del globo (2).

(1) Vedila specialmente trattata in modo completo da F. Borsari, *Il meridiano iniziale e l'ora universale* nel periodico. L'*Esplorazione* (Napoli 1883), Anno I, pag. 34, 70, 101 e 146. La bibliografia di questo argomento è copiosissima e va arricchendosi ogni giorno di nuove pubblicazioni.

(1) In generale quando non si richiederà una grande precisione nel dato, noi riterremo come ragguaglio fra Greenwich e Roma 12° 29′: — fra Ferro e Roma 30° 9′; — e fra Parigi e Roma 10° 9′.

(2) A Roma le coordinate astronomiche un tempo si riferivano: 1.°) alla cupola di S. Pietro. Adesso tuttavia esistono tre punti diversi che possono servire di caposaldo di riferimento, cioè: 2°) l'osservatorio astronomico del Campidoglio; 3.°) l'osservatorio astronomico e meteorologico del Collegio Romano; 4.°) il caposaldo geodetico di M. Mario. Di questi quattro punti tutti presentano una certa importanza, cioè il 1.° per i riferimenti delle carte e delle effemeridi vecchie; il 2.° perchè fu la base delle determinazioni principali di longitudine telegrafica ed è

Digitized by Google

Meridiani.	Longitudine rispetto al merid. di Greenwich: in tempo (1)	in arco
del Ferro	— 1 ora 10 m 39 s	342° 20′ 15″. *E.* / 17 39 45. *O.*
di Parigi (oss. naz.)	+ 0 9 21.0	2 20 15. *E.*
di Roma (Camp.)	+ 0 49 56.5	12 29 8. *E.*

	Longitudine rispetto al merid. di Parigi
del Ferro	— 1 20 0.0 = 340 0 0. *E.* / 20 0 0. *O.*
di Greenwich	— 0 9 21.0 = 357 39 45. *O.* / 2 20 15. *E.*
di Roma (Campid.)	+ 0 40 35.5 = 10 8 53. *E.*

Siccome poi buon numero di Stati, nel servizio della topografia prendono a base un particolare meridiano nazionale, uniamo qui sotto un prospettino dei principali fra questi meridiani colla loro longitudine rispetto a quelli di Greenwich e di Parigi (2).

Meridiani di	Longitudine da Greenwich	da Parigi
Cristiania	10° 43′ 28″ *E.*	8° 23′ 13″ *E.*
Copenhagen	12 34 44 »	10 14 29 »
Berlino	13 23 44 »	10 3 29 »
Vienna (vecc. oss.)	16 22 55 »	14 2 40 »
Stoccolma	18 3 30 »	15 43 15 »
Pulkowa	30 19 40 »	27 59 25 »
Melbourne	144 58 35 »	142 38 30 »
Washington	282 56 59 »	280 36 44 »
»	77 3 1 *O.*	79 23 16 *O.*
Rio de Janeiro	316 19 39 *E.*	313 59 24 *E.*
»	43 40 21 *O.*	46 0 36 *O.*
Lisbona (oss. della marina).	350 31 37 *E.*	348 11 22 *E.*
»	9 28 23 *O.*	11 48 38 *O.*
Cadice	353 47 42 *E.*	351 27 27 *E.*
	6 12 18 *O.*	8 32 33 *O.*

La determinazione delle coordinate geografiche di una località, più che nel campo teorico, in cui siamo sempre rimasti, entra nel campo pratico della nostra scienza ed è di spettanza dell'astronomo, del marinaio o del geografo viaggiatore. Tuttavia, ci permettiamo di accennarne alcunchè.

Astrattamente, la latitudine del luogo si dovrebbe determinare misurando la sua più breve distanza superficiale dell'equatore. Ma ciò nella pratica è impossibile. In via molto largamente approssimativa, essa può altresì ricavarsi dalla massima durata del giorno o della notte solstiziale, come pure dalla inclinazione (1) dell'ago magnetico. Gli antichi si servivano talvolta di quel primo sistema, e più spesso della lunghezza dell'ombra del gnomone, cioè di uno stile piantato in terra, o in altre parole dell'altezza del sole all'epoca dei due solstizi. Ma la stessa ampiezza del disco solare e le incertezze delle ombre rendevano tali determinazioni assai poco attendibili. Già all'epoca di Lucano (2), mezzo secolo prima di Cristo, si sapeva quindi ricavare le latitudini dall'altezza dell'Orsa minore, primo passo per determinarle a mezzo dell'altezza della stella Polare sul piano dell'orizzonte del luogo.

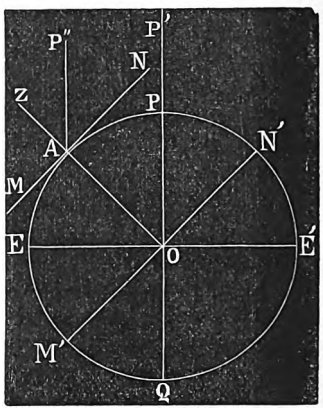


Fig. 156. — Modo per determinare la latitudine di un punto.

La curva *PEQE* rappresenti un meridiano terrestre, *PQ* l'asse, *EE'* l'equatore ed *A* il punto di cui si vuole determinare la latitudine. Si asserisce che la *latitudine di A è uguale all'altezza della stella Polare sul piano del suo orizzonte.* L'orizzonte di *A* è dato dalla retta *MN* e l'altezza della Polare dall'angolo che la visuale ad

collegato coi principali osservatorî d'Europa; il 3.° perchè vi fan capo molti osservatorî astronomici e meteorologici della penisola; il 4.° finalmente, perchè è il caposaldo fondamentale della triangolazione italiana e vi si riferiscono le coordinate di tutte le nuove carte topografiche militari del regno d'Italia. Reputiamo quindi necessario segnare qui le coordinate di questi varî punti:

Località	Latitudine	Longitudine sec. i meridiani di Greenwich	di Parigi	di Roma (Campid.).	Fonte
1.° S. Pietro (Cupola)	41° 54′ 6″. 4	12° 27′ 23″ E	10° 7′ 8″ E	0° 1′ 45″ O	*Monogr. di Roma*
2.° Campidoglio	41 53 33. 5	12 29 8 »	10 8 53 »	0 0 0	Respighi
3.° Collegio Romano	41 53 33. 7	12 28 53 »	10 8 38 »	0 0 15 O	Millosevich
4.° M. Mario	41 55 23. 4	12 27 14 »	10 6 59 »	0 1 54 O	*Ann. Statist. ital.*

Non va dissimulato che il valore dato alla longitudine di M. Mario presenta un'incertezza di qualche secondo.

(1) Vedi più avanti la spiegazione dei valori contenuti in questa colonna, nella quale il segno + significa longitudine *orientale* e il segno — *occidentale*.

(2) Nel **Prospetto XXX**, diamo posto alle coordinate geografiche di 150 osservatorî astronomici distribuiti qua e là sul globo, giusta l'elenco compilato per l'agosto 1882 dall'Auwers.

(1) Chiamasi *inclinazione, l'angolo che l'ago magnetico fa coll'orizzonte.* In generale essa cresce colla latitudine; ma in modo affatto irregolare.

(2) *Furs.*, libr. VIII., v. 176.

Digitized by Google

essa condotta fa col piano *MN*. La stella Polare è sul prolungamento dell'asse terrestre, quindi nella direzione *PP'*, e siccome essa è a una tale distanza dalla Terra, che senza tema di errare, può essere giudicata infinita, la visuale *AP''* condotta alla Polare, dovrà riuscire sensibilmente parallela all'asse terrestre *QP* e al suo prolungamento *PP'*. Osservando la figura 156, si vede immediatamente che l'angolo *NAP''* è uguale all'angolo *AOE*, perchè formati entrambi da rette rispettivamente perpendicolari. Ma l'angolo *NAP''* rappresenta l'altezza della stella Polare sul piano dell'orizzonte, l'angolo *AOE*, che è sotteso dall'arco *AE*, rappresenta la latitudine del luogo, dunque è vero l'asserto che dovevamo dimostrare, cioè che la latitudine di un luogo è uguale all'altezza della stella Polare sull'orizzonte del luogo stesso.

Giova però rammentare che la stella Polare non coincide col polo celeste, nè è dunque esattamente posta sul prolungamento dell'asse polare. Essa, e lo sappiamo, descrive intorno al polo celeste una piccola circonferenza di 1° 19' 13'' circa (nel 1882) di semiasse, per cui, affine di trovare la posizione del polo giova determinare l'altezza della Polare nei due momenti della sua culminazione superiore ed inferiore e ricavarne una media. Un'analoga operazione può quindi praticarsi con qualunque stella e specialmente se spettante a stelle circumpolari, delle quali si conosca la declinazione. Le effemeridi astronomiche posseggono accurate tabelle dirette ad agevolare le determinazioni di latitudine che si vogliano praticare con qualsiasi di questi metodi (1).

Anche la determinazione di longitudine di un luogo è nella maggior parte dei casi difficilissima, se non impossibile, a farsi direttamente, cioè misurando la più breve distanza del punto in questione dal meridiano di origine. Quindi si dovette ricorrere a varî spedienti, che permettono di ricavarla in modo indiretto. Principio fondamentale di tutte queste determinazioni è quello che *la longitudine è sempre riducibile in tempo*, e viceversa. La rotazione terrestre porta la conseguenza che nelle 24 ore tutti i meridiani terrestri passano davanti a un punto imaginario fisso nello spazio, punto che noi potremo individuare, per esempio, con una determinata stella. Supposto di segnare 360 meridiani a distanza di un grado uno dall'altro e conoscendo la quasi assoluta uniformità della rotazione terrestre, sarà facile capire che, se il tempo, impiegato da tutti i 360 meridiani per passare davanti a quella stella, abbraccia 1440 minuti (24 ore), l'intervallo di tempo compreso fra i passaggi di due meridiani successivi sarà eguale a $\frac{1440}{360}$, cioè a 4^m in tempo. Noi sappiamo poi che la differenza in longitudine tra due dei 360 meridiani consecutivi è pari ad un grado, quindi avremo i seguenti ragguagli:

1°	in arco	=	4^m	in	tempo
15°	»	=	1 ora	»	»
1'	»	=	4^s	»	»
15'	»	=	1 s	»	»
1''	»	=	$\frac{1^s}{15}$	»	(0.067^s)

La questione del determinare la differenza in longitudine fra due punti si riduce dunque a quest'altra di sapere quanto tempo corra fra i passaggi di una data stella al meridiano del primo e a quello del secondo luogo, ovvero anche fra i mezzogiorni dei due luoghi di cui si tratta. La maggiore difficoltà della determinazione sta in ciò che i mezzogiorni si spostano continuamente colla rotazione terrestre. Se però un osservatore, stando in uno dei due luoghi, potesse segnalare l'istante esatto in cui si verifica il mezzogiorno nell'altra località, la differenza fra l'ora locale del punto dov'egli si trova e il mezzogiorno, darebbe la soluzione del quesito. Tale condizione si otterrebbe imaginando che l'orologio locale di una delle due località fosse reso visibile dall'altra, circostanza che si può verificare in ben rari casi e per piccole distanze. Però potrebbe supplirvi un fenomeno celeste qualsiasi, visibile in pari tempo da entrambi i luoghi. L'istante di tale fenomeno verrebbe a corrispondere a due ore locali diverse, e la differenza in tempo fra quelle due ore darebbe la loro differenza in longitudine. Momenti di tal genere possono essere forniti da un'eclissi solare o lunare, o da quella di uno dei satelliti, dall'occultazione di una stella, dalla distanza della luna da una stella, da uno dei suoi passaggi al meridiano e consimili. La più antica determinazione di longitudine, compiuta a mezzo della osservazione di un'eclissi lunare, è quella fra Arbela e Cartagine e risale al 331

(1) In un'opera come la nostra non ci è permesso di sottacere che, in causa della forma della Terra, è mestieri distinguere la latitudine *geografica* dalla *geocentrica*. Il filo a piombo che segna la direzione della verticale, prolungato, non raggiungerebbe il centro della Terra se non all'equatore e ai poli. In tutti gli altri punti di osservazione esso, seguendo la gravità, andrebbe a toccare il centro di gravità terrestre, che non coincide col centro di figura. Ne proviene che lo zenit, che ci è segnato dalla verticale e che noi prendiamo a base delle determinazioni di latitudine, è uno *zenit apparente*. Lo *zenit vero* sarebbe dato dal prolungamento di una retta condotta dal centro della Terra al punto di osservazione. Tutte le determinazioni di latitudine sono dunque sbagliate, di una certa quantità, che è data dall'angolo interposto fra la verticale e la retta condotta dal centro di figura terrestre al punto di osservazione. Ricavate dunque le latitudini osservate, bisogna correggerle come segue:

Lat. geogr. od osservata	Lat. geoc. o corretta	Differenza
0°	0° 0' 0'' . . .	0' 0''
15	14 54 16 . . .	5 44
30	29 50 3 . . .	9 57
45	44 48 29 . . .	11 31
60	59 50 1 . . .	9 59
75	74 54 14 . . .	5 46
90	90 0 0 . . .	0 0

La massima differenza sale dunque a $11'\frac{1}{2}$ circa e si nota a 45° di latitudine.

Digitized by Google

a. Cr. (1). D'altra parte noi rammentiamo (2) come Gallileo già proponesse di servirsi per analogo scopo di satelliti dei Giove, da lui allora scoperti e molto acconci a ciò in causa dei frequenti fenomeni di eclissi, di occultazioni e di passaggi, ai quali dan luogo. Nel secolo scorso (1719), l'Halley proponeva invece di servirsi delle meteore luminose per la determinazione delle longitudini. Rinnovata la proposta dal Benzenberg (1802), essa venne realmente applicata in Italia dal Nobile, alcuni anni or sono, nel determinare la differenza in longitudine fra Napoli e S. Giorgio a Cremano (3).

Siccome la osservazione dei fenomeni celesti esige l'impiego di strumenti delicati e costosi e di calcoli difficili, si venne a poco a poco sostituendo ad essa quella di fenomeni artificiali, come quello dei segnali a fuoco (adoperati la prima volta dal Picard nel 1671 presso Copenhagen), valevoli per brevi distanze; ovvero come quelli dei cronometri regolati assieme e trasportati nei due luoghi, dei quali si vuole determinare la differenza in longitudine (4).

La scoperta del telegrafo elettrico, colla quasi assoluta istantaneità delle sue comunicazioni, fornì un mezzo nuovo e preferibile a tutti gli altri per determinare le longitudini, basandosi sempre sulla *trasmissione del tempo*. Esperito nel 1844 tra Washington e Baltimore, il metodo telegrafico fu adoperato due anni appresso fra Washington e Filadelfia, quindi la sua applicazione fu ampiamente diffusa e si mostrò sempre più acconcia ed opportuna. In Europa fu dapprima (1852) provato fra Berlino e Francoforte sul Meno, poscia fra Berlino e Königsberg. Adesso, non soltanto la longitudine dei principali osservatorî d'Europa potè essere determinata con questo metodo delicatissimo; ma esso fu adoperato anche attraverso l'Atlantico, per cui, in seguito alle osservazioni praticate nel 1866, nel 1870 e nel 1872, mediante la gomena oceanica, si potè fissare tra Greenwich e Washington una differenza in tempo eguale a $5^{ore}\ 8^{m}.\ 12^{s}.1$. cioè a 77° 3' 1" (5). In Italia le due prime determinazioni telegrafiche di longitudine furono compiute nel 1869 fra Roma e Napoli dagli astronomi Fergola e Secchi, e fra Napoli e Palermo dal Fergola e dal Tacchini. Più tardi poi, nel 1870, ne vennero compiute delle altre fra Milano e due stazioni svizzere, e nel 1875 fra Milano, Padova Monaco e Vienna da una parte, e Milano, Padova, Genova e Napoli dall'altro. In seguito finalmente ai lavori di questi ultimi anni le longitudini di tutti i principali osservatorî della penisola e delle principali isole furono nuovamente determinate con questo perfettissimo metodo (1).

Con questo argomento della corrispondenza fra il tempo e la longitudine se ne collega un altro di un altissimo interesse pratico: quello delle *ore locali* e delle differenze in tempo fra luogo e luogo. Si sa, per es., che, mente a Roma scocca il mezzogiorno, a Lecce son già $0^{ore}22^{m}\ 52^{s}$ pom., e a Torino soltanto $11^{ore}40^{m}53^{s}$ antim., con una differenza quindi di circa 42^{m} fra Torino e Lecce, che pur non sono i punti di estrema longitudine spettanti all'Italia. Nelle odierne trattazioni civili, specialmente dopo la introduzione delle ferrovie e dei telegrafi, invenzioni mercè le quali notizie, merci e persone vengono trasportate rapidamente da un luogo all'altro, si mostrò necessario il coordinamento dei varî tempi locali, onde ne venisse facilitata la riduzione da uno all'altro. Da ciò l'adozione del tempo di una determinata località a designare quello di una regione, la quale tutta accetta come mezzogiorno convenzionale quello del luogo scelto a tal uopo.

Estendendo per analogia a tutto il globo le considerazioni fatte dianzi, si viene a comprendere come le differenze in longitudine non interessano solo le ore di una giornata, ma anche la collocazione dei giorni e di periodi più lunghi nel calendario. Diffatti supposto che adesso sia, per es., il mezzogiorno del 1.° gennaio 1884 a Roma, tutti i punti del globo ad est di Roma, avranno ore po-

(1) Tolomeo (*Geogr.*, libr. I, cap. 4) avendo saputo che tale fenomeno ad Arbela era stato osservato nella 5ª ora della notte e a Cartagine nella 2ª, cioè a distanza di 3 ore in tempo, argul una differenza fra i due luoghi pari a 45°, e quindi assegnò a Cartagine la long. di 34° 50' e ad Arbela quella di 80° circa con una differenza di circa 45°. Ora Cartagine sta, secondo le odierne determinazioni a 1.° 2' long. E. da Parigi e Erbil (Arbela) a 44° 4', quindi fra loro v'è la differenza di soli 34° 2', corrispondente a 2 ore 16 minuti 8 secondi in tempo.

(2) Pag 120.

(3) Cnfr. *Astron. Nachr.*, LI., 1859, pag. 265.

(4) L'idea che a determinare la longitudine potessero servire dei cronometri regolati assieme, precedette la possibilità di attuarla praticamente, se è vero che Alonzo de Santa Cruz proponesse tale metodo sul principiare del sec. XVI (HUMBOLDT, *Cosmos*, II., pag. 381). Tale proposta fu poi ripetuta dal Gemma Frisio nel 1530; ma la prima volta il metodo fu applicato nel 1615 tra Könisberg e Danzica; e solo nel 1686, dietro proposta dell'Huyghens, sopra una nave diretta al capo di Buona Speranza veniva collocato un orologio, destinato a segnare le longitudini.

(5) Una fra le principali cause di errore in queste determinazioni sta nel fatto che la trasmissione del fluido elettrico lungo i fili, pur essendo rapidissima, non lo è infinitamente. Quindi bisogna determinarne la velocità. Con opportuni paragoni, compiuti mediante passaggi di stelle, si potè notare delle velocità massime di 40 a 50,000 chilometri al secondo, che però si potrebbero aumentare servendosi di speciali apparati elettrici. Attraverso il canape transatlantico invece la massima velocità del fluido elettrico ammontò soltanto a 12,000 chil. al secondo.

Con questo metodo del resto si è potuta raggiungere tale precisione nelle determinazioni di longitudine da non incorrere di consueto in errori più gravi di 0s .02, cioè tali che all'equatore corrisponderebbero a una differenza lineare di 10 metri e alle nostre latitudini ad una differenza di 7 od 8 metri appena. V. NEWCOMB, pag. 180; — MARTUS, pag. 117 e seg.; — Vedi altresì una nota dell'ALBRECHT in *Astron., Nachr.* XCI, 1877, pag. 229-234.

(1) Secondo informazioni comunicatemi dal prof. G. Lorenzoni, membro della *Commissione geodetica italiana.*

Digitized by Google

meridiane dello stesso giorno, finchè all'antimeridiano di Roma (a 180°), nello stesso momento, sarà la mezzanotte tra l'1 e il 2 del gennaio; tutti i punti del globo posti ad ovest avranno ore antimeridiane del giorno primo di gennaio, fino all'antimeridiano (a 180°), dove, nello stesso momento fisico, si avrà la mezzanotte fra il 31 dicembre 1883 e il 1° gennaio 1884. Dunque sull'antimeridiano, in quel momento, si può essere nella mezzanotte di due giorni spettanti a due anni diversi, a seconda che si contano i giorni o coll'emisfero orientale o coll'occidentale rispetto a quell'antimeridiano. Nè si creda la cosa puramente teorica. Siccome, prima di adesso, nessuno avea pensato di regolare scientificamente l'ora che deve prescegliere un dato paese, avviene che nel Pacifico, dove cascano gli antimeridiani più importanti, qualche paese si regola coll'emisfero occidentale, qualche altro coll'orientale, per cui anche tra località vicine si nota la differenza di un intiero giorno. Così nell'Aliasca, dove si contava colla Russia, si era già nella domenica, mentre i vicini Stati Uniti erano ancora nel sabato, o sciegliendo l'esempio citato, nell'Aliasca si era prossimi alla mezzanotte del 1° gennaio, mentre nella California si sarebbe stati tuttora prossimi a quella del 31 dicembre (1). Al quale proposito è noto il fatto, già rilevato dai compagni di Magellano, che un viaggiatore che compisca il giro del globo andando verso ponente subisce la perdita di un giorno, e invece fa il guadagno di un giorno, andando verso levante (2). Ad evitare, o per lo meno a scemare, gli sconci che provengono da un tale fatto, usano i marinai, allorchè si trovano all'antimeridiano di Parigi o di Greenwich, di ripetere sui loro giornali la data di un giorno, se vanno da ovest verso est o di saltare un giorno (passando, per es., dal 1° al 3°) se vanno da est verso ovest. Così, per es., la *Magenta*, facendo nel 1867 il tragitto del Pacifico da Sidney (Australia) al Callao (America Meridionale), nel giorno 6 luglio passò il meridiano 180mo da Greenvich. Ebbene, nel giornale di bordo e nei taccuini dei viaggiatori, quel giorno e il giorno successivo vennero entrambi segnati colla data *sabato 6 luglio*, distinguendoli soltanto col numero ordinale I° e II°. Prima di adesso, la linea di separazione delle due date, partendo dallo stretto di Behring, lasciava a ponente, i paesi che contavano *domenica* coll'Asia e coll'Europa, cioè il Giappone, Formosa, le Filippine (negli ultimi anni), la N.^{a} Guinea, la N.^{a} Caledonia, l'isola Chatam, e ad oriente quelli che contavano *sabato* coll'America, cioè le Aleutine, l'isola Bonin, le Marianne, le Caroline, l'arcipelago Viti, ecc.

Adesso le quistioni della scelta di un primo meridiano, e di un ordinamento scientifico nel computo delle ore hanno fatto un passo importantissimo verso la loro soluzione, grazia alla VII conferenza geodetica internazionale (1), tenuta in Roma nello scorso ottobre (1883). Fra i molti voti espressi dall'illustre consesso, nel quale erano rappresentati gli Stati più civili del mondo, vitalissimo fu quello che affermò la necessità dell'adozione di un meridiano iniziale unico, giudicando come a tutti preferibile quello di Greenwich, dal quale si debbono computare le longitudini di seguito procedendo costantemente da O. verso E. In dipendenza a questo voto, si affermò altresì essere d'interesse generale scientifico e pratico l'adozione di un'ora universale, accanto all'ora locale, fissando a detta ora universale come punto di partenza, il mezzogiorno medio di Greenwich,

(1) Nelle Filippine, dove si contava coll'America, invece si era in ritardo di un giorno, sicchè si era nel sabato mentre nel Giappone, in Australia, ecc. si contava già di essere nella domenica.

(2) Difatti quei navigatori, tornando a Cadice trovarono il giorno 7 settembre 1522, mentre nei loro giornali di bordo quel giorno era segnato colla data del 6 settembre (V. Riccioli, *Almag.*, I, 1651, pag. 357). Ecco la spiegazione del fatto.

Supponiamo che una nave parta da Venezia per compiere il giro del mondo andando verso ponente, e ch'essa fili tanti nodi da percorrere precisamente un grado in longitudine ogni giorno. Siccome un grado in longitudine corrisponde a 4m. in tempo, così, mentre nel secondo giorno a Venezia scocca il mezzogiorno, la nave segna le 11 ore 56m. ant., nel terzo giorno al medesimo istante fisico, segna le 11 ore 52m. così di seguito, finchè dopo 180 giorni essa avrà la mezzanotte con cui comincia quel giorno, mentre a Venezia si ha già il mezzogiorno. Il giorno 181mo., sempre alla medesima ora, essa segnerà le 11 ore 56m. pomer. spettanti quindi alla sera precedente al giorno del quale in quell'istante fisico si ha il mezzogiorno a Venezia, il giorno 182mo., nell'istesso momento avrà le 11 ore 52, e così di seguito, finchè nel giorno 359mo. essa segnerà le ore 12 4 m. pom., mentre a Venezia scoccheranno le 12 del giorno 360mo dalla partenza della nave. Supponendo quindi che quel giorno la nave, compiuto il giro del globo, arrivasse a Venezia, i due mezzogiorni coincideranno, ma quello di Venezia sarà il 361mo dalla partenza, e quello della nave soltanto il 360mo, per cui a Venezia potrebbe esser domenica e nella nave si crederebbe di essere in sabato, se nel viaggio non si fosse fatta correzione veruna. L'inverso succederebbe se la nave fosse proceduta da ponente a levante.

(1) V. il *Rapport sur l'unification des longitudes par l'adoption d'un premier meridien unique et sur l'introduction d'une heure universelle*, presentato dalla Commissione permanente composta dei signori Ibanez, Oppolzer ed Hirsch e distribuito ai membri della Conferenza VII (Roma, Stamp. reale, 1883) V. ancora: *VII Conferenza geodetica internazionale*, in *Boll. della Soc. geogr. ital.* nov. 1883, pag. 820 e seg. e lo stesso *Bollettino* a pag. 347 e seguenti.

Digitized by Google

ovvero la mezzanotte (principio del giorno civile) dell'antimeridiano di Greenwich, destinato a rappresentare la linea di separazione delle date. Finalmente si ritenne doversi computare le ore da 0 a 24, senza dividerle in due serie di 12 ciascuna, come si costuma generalmente oggidì.

E quantunque tali deliberazioni non sieno esecutive, il fatto che alla conferenza partecipavano da un lato i capi dei maggiori istituti astronomici del mondo e dell'altro i rappresentanti degli Stati più civili e più potenti, è argomento a ritenere che le proposte non tardino a diventare un fatto compiuto, con indiscutibile vantaggio della geografia sì scientifica che pratica.

6. In relazione colle dimensioni del globo e colla costruzione ideale di un reticolo di meridiani e di paralleli che lo circoscrivono, stanno i due soggetti delle *unità di misura* e della *riproduzione grafica* della superficie terrestre o di alcune delle sue parti; — entrambi importanti per pratica utilità. Diremo di essi brevemente, tanto più che il carattere necessariamente grafico del secondo, ci persuade ad assegnargli un posto speciale, dove esso possa avere più acconcio sviluppo.

Delle odierne unità di misura due sono particolarmente importanti: il *metro*, e i suoi multipli, e summultipli, e il *miglio geografico*, — quello perchè ormai la più diffusa fra le unità di misura note: entrambi perchè coordinati, con precisione più o meno squisita, alle dimensioni terrestri.

Sappiamo che il *metro* doveva riuscire eguale in lunghezza ad $\frac{1}{10{,}000{,}000}$ del quadrante meridiano terrestre. Invece il suo valore riuscì alquanto più piccolo di tale frazione cioè risultò pari ad $\frac{1}{10{,}000{,}856}$ di tale quadrante, accettando gli elementi del Bessel, ovvero ad $\frac{1}{10{,}001{,}877}$ accettando quelli del Clarke. Mancato così il fine che originariamente avea determinata la fissazione del suo valore, il metro contuttociò divenne misura quasi universale, e, meno che nella Gran Brettagna, dovunque riconosciuta o esclusivamente o cumulativamente colle misure locali, o per lo meno ormai non respinta.

Il sistema duodecimale, tuttora preferito nelle misure di arco, consigliò probabilmente l'adozione di una unità di misura che fosse summultipla del grado e che equivalesse al minuto, onde si ebbe il miglio geografico, o marino od italiano, di 60 al grado e corrispondente ad $\frac{1}{4}$ di miglio tedesco. Adoperato e diffuso dai geografi nel secolo XVI, il suo valore oscillò secondo quello che si attribuiva alle dimensioni della Terra (1), non soltanto, ma, dopo conosciuta la forma sferoidale del globo, anche secondo che si prendeva a ragguagliarlo ad $\frac{1}{60}$ o di grado equatoriale ovvero di grado medio del meridiano. E oggi stesso non si può asserire che l'accordo sia stato completamente raggiunto (2). Noi, lasciando impregiudicata la questione se convenga di ragguagliare il miglio nautico al minuto del meridiano o a quello dell'equatore, e, pur reputando che la soluzione di questa come di altre controversie, stia nella maggiore diffusione di un sistema uniforme di misure (3), avvertiamo che qualora nel corso dell'opera ci convenga accennare a miglia marine o geografiche, intendiamo sempre di ragguagliarle ad $\frac{1}{60}$ di grado equatoriale, a $\frac{1}{4}$ di miglio tedesco e cioè a 1855.^{m}110.

(1) PESCHEL, *Gesch. der Erdk.* pag. 392.

(2) Per chi si attiene alle misure date dal Bessel per lo sferoide terrestre, e ragguaglia il miglio geografico o marino ad $\frac{1}{60}$ di grado equatoriale, ovvero a $\frac{1}{4}$ di miglio tedesco, esso è lungo 1855^{m}. 110. Però non tutti si accordano nel definirlo in tale guisa. Così le marine inglese e tedesca e l'*Annuaire du Bureau des long.* lo definiscono come 1 *minuto di latitudine media* ovvero come $\frac{1}{60}$ di grado medio del meridiano, e in tal caso la sua lunghezza, sarebbe di 1852^{m}. 010, sempre sulla base delle misure del Bessel. Invece la marina americana ora adotta il valore di $\frac{1}{60}$ del grado equatoriale, ora quello di $\frac{1}{60}$ del grado di latitudine. Di recente poi, mostrando di preferire quest'ultima definizione, il nuovo *Catalogue of Charts of the United S. Coast Survey* (Washington, 1880) forse basandosi sopra diversi elementi dello sferoide, ragguaglia il miglio marino (*nautical mile*) a 6080 *feet* ovvero a 1853^{m}. 2: Aggiungasi finalmente che, ritenuto pari a 40 milioni di metri il valore del meridiano terrestre, il miglio geografico risulta di 1851^{m}. 852, e questo è il ragguaglio adottato da moltissimi fra i manuali geografici diffusi qualche anno addietro. — V. in proposito *Ueber die Nautische Meile oder Seemeile*, una nota dello ZÖPPRITZ in *Geogr. Jahrb.* IX, 1882, pag. XIV.

(3) Se, come pare probabile, prevalesse il concetto di dividere i circoli terrestri secondo il sistema decimale, anche il ragguaglio delle unità di misura itinerarie ne verrebbe avvantaggiato. In tal caso il grado sarebbe $\frac{1}{100}$ del quadrante terrestre, e il minuto $\frac{1}{100}$ del grado. Posto ciò, e sempre servendosi delle misure del Bessel, il minuto medio del meridiano sarebbe eguale a 1000^{m}. 086 e il minuto equator. a 1001^{m}. 759. Per il maggior numero dei casi, nei quali non si esige grande precisione, il minuto medio del meridiano potrebbe quindi essere ragguagliato ad 1 chilometro.

Digitized by Google

La moltiplicità delle unità di misura adoperate nelle varie parti del globo consigliava in addietro ad introdurre nei trattati geografici delle lunghe tavole di ragguaglio. La unificazione, già avvenuta in tutti gli Stati, che prescelsero il sistema metrico o esclusivamente o cumulativamente colle proprie misure, riduce d'assai il numero delle unità di misura più comunemente adoperate nei libri di scienza anche stranieri. Presentiamo quindi una tabellina *a*) delle principali unità di misura adoperate in terraferma (1):

	metri
tesa francese (*toise*) da 6 piedi parigini (*pied du roi*) =	1.949036;
piede inglese (*feet*) o russo =	0.3047945;
» prussiano (*Fuss*) o danese (*fod*) =	0.3137633;
Klafter viennese (*Wiener Klafter*) da 6 piedi viennesi (*Wiener Fuss*) =	1.896484;
yard inglese =	0.9143835;
archina russa =	0.7111871.

Forse una maggiore indipendenza nelle unità di misure regna negli usi nautici, e particolarmente nelle determinazioni di profondità. Nella tabellina che segue riuniamo *b*) le principali unità di misura marittime:

	metri
brasse francese	1.624197;
fathom inglese o *sagena* marina russa	1.828767;
famn svedese	1.781406;
favn norvega	1.882580;
» danese o *faden* prussiano	1.883121;
vadem olandese, detto di Amsterdam,	1.698798;
braza spagnuola	1.671810;
» portoghese	2.200000(2),

Ci restringiamo alle unità usate più comunemente anche nella tabellina seguente, che comprende *c*) le misure itinerarie più importanti:

	al grado	chilometri.
lieue francese	25	4.452263;
» *marine* francese	20	5.565329;
» *nouvelle* »	27.8	4.000000;
statute mile inglese	69.16	1.609315;
miglio geografico, o *italiano*, o *marino*, *sea mile* o *nautical mile*, *mille marin*	60	1.855110;
deutsche geographische Meile, miglio geogr. tedesco	15	7.420438;
versta russa da 500 *sagene* o 1500 *archine*	104.34	1.066781.

(1) In questi ragguagli e generalmente in tutto il corso dell'opera ci atteniamo ai coefficienti di riduzione pubblicati per opera dei signori DEBES e prof. H. WAGNER nel *Geograph. Jahrb.* di Gotha e più specialmente nelle Annate I, 1866; II, 1868; III, 1870; IV, 1872 e VII, 1878.

Ad essi rimandiamo gli studiosi, che bramano altri schiarimenti in proposito. Tuttavia ci riserviamo a dar posto alle misure meno note e pur in uso presso singoli Stati, allorchè tratteremo specificatamente di questi.

(2) Per le misure di profondità marina gl'Italiani, quando non si servono del metro, di solito preferiscono il *fathom* ingl., gli Austriaci adoperano il *Klafter* di Vienna.

Finalmente chiudiamo questo arido soggetto con una tabellina che comprende *d*) le unità più comunemente usate nelle misure di superficie:

	chilom. quadr.
lieue carrée francese da 25 al grado	19.8226;
square mile inglese, da 640 acri	2.58989;
miglio quadrato geografico o *italiano*	3.44143;
deutsche geogr. quadr. Meile, miglio quadr. geogr. tedesco	55.0629;
versta quadrata russa	1.13802(1).

Una semplice occhiata volta all'ingiro ci avverte che il concetto di una figura regolare e geometrica vale per l'assieme del globo e soltanto in via approssimativa; e che numerosissimi e svariati sono gli accidenti che ne alterano la uniformità. Nessuna penna, nessuna lingua potrebbero valere a descriverli con esattezza, dal momento che, se pure nella loro distribuizione e configurazione v'è una ragione e un ordine geometrico, questo resta celato sotto l'accumularsi è il sovrapporsi delle forme stesse. D'altronde lo spazio di Terra, che un solo uomo può in un solo sguardo abbracciare, lo vedemmo, è limitatissimo, si che anche se si potesse scegliere per osservatorio la vetta più elevata del globo, il Gaurisenkar, riuscirebbe discernibile appena una 1250ma parte dell'orbe (2). Ecco quindi che pel geografo e pel dotto desiosi di studiarlo, pel viaggiatore costretto a percorrerlo, pel commerciante che agogna a conoscerne i prodotti, pel conquistatore bramoso di domarlo, in una parola per tutti, sorge la necessità, palesatasi fino dalle prime epoche umane, di ricorrere ad una fra le arti rappresentative, perchè figuratamente riproduca, quanto a parole mal si descrive, l'aspetto della superficie terrestre. Da ciò la costruzione delle

(1) Sec. il Wagner; secondo lo Strelbitsky è uguale a 1.13804 chil. quadr.

(2) Il Gaurisankar è alto 8840m. Il raggio di visibilità del suo orizzonte geometrico è di 335 chilom.; quello del suo orizzonte fisico, grazie alla rifrazione si allunga a 360 chilom. Quindi nel primo caso il suo orizzonte abbraccia 350 mila, nel secondo caso, cioè tenendo conto della rifrazione, 407 mila chilom. quadr. di superficie, cioè uno spazio di terra pari a $\frac{3}{4}$ della Francia e quasi 1 volta e $\frac{2}{5}$ l'Italia. Però ragguagliato ai 510 milioni di chilom. quadr., che rappresentano la superficie del globo, quella estensione di 407 mila chilom. quadr. vi è contenuto 1253 volte.

Digitized by Google

imagini geografiche *plastiche* ad un tempo e *grafiche*, quali i *globi* e i *rilievi*, ovvero *grafiche* soltanto, quali le *prospettive* e le *mappe;* imagini geografiche che, non fanno difetto assoluto presso nessun popolo nè in nessun tempo, per rozzi ch'essi sieno; ma che procedono di pari passo colla civiltà, colla cultura e col sapere, sì da costituire quasi un modulo, col quale si può adeguatamente esprimere il grado di sviluppo di civiltà di una nazione (1).

Stante la figura sferica del globo e la moltiplicità dei suoi accidenti morfologici, è certo che una esatta riproduzione delle sue forme nell'assieme e nelle parti, non è possibile se non plasticamente, a mezzo di globi, dei quali uno fra i primi probabilmente fu quello foggiato da Cratete di Mallo nel 2° secolo av. Cristo (2), o a mezzo di rilievi, dei quali è incerto se ne costruissero gli antichi; ma che compaiono senza dubbio col rinascimento della cartografia e specialmente per uso della topografia militare (3).

E quantunque si abbia antichissima menzione di carte geografiche piane, anche prescindendo da quella che Omero fa scolpire da Vulcano sullo scudo d'Achille, o da quella rammentata da Aristofane frammezzo i lazzi comici delle sue *Nubi*, tuttavia sì quelle, come le rozze e sistematiche *imagines mundi* del medio evo o gl'informi disegni sbozzati da qualche popolo semibarbaro, non si possono chiamare col nome di carte geografiche, qualora, come avviene di consueto, manchi a fondamento della loro costruzione una serie di coordinate qualsiasi. Nè con ciò intendiamo affermare assolutamente indispensabile l'adozione di quel preciso reticolo di coordinate che ci viene fornito dai nostri paralleli e dai nostri meridiani. La carta di Eratostene era basata sopra un reticolato di meridiani e di paralleli a distanze disuniformi; e i nostri marinai italiani dei secoli di mezzo ci lasciarono in retaggio, un vero tesoro di carte nautiche, maravigliosamente esatte e pur costruite solamente sopra un sistema di coordinate a ragnatelo, colla sola norma della bussola e della rosa dei venti. E quel loro sistema, che si riduce in fondo a considerare come centro di proiezione quello della carta, mostra anche oggidì di avere forse alcuni titoli ad essere fra tutti il preferito per le carte topografiche a scala assai grande.

Qualunque sia il sistema delle coordinate, che s'imagina idealmente imposto alla Terra, il problema della rappresentazione grafica di questa, si riduce alla riproduzione delle coordinate stesse, soddisfacendo nel medesimo tempo a due condizioni fondamentali: quelle della *somiglianza* nella figura e della *proporzione* nella grandezza. Ora, è assolutamente impossibile riprodurre in una forma piana qualsiasi porzione della superficie di una sfera, ovvero di un reticolo inscrittovi, soddisfacendo a quelle due condizioni. Soltanto nel caso che sia estremamente limitato il tratto terrestre di cui si vuole l'imagine, una carta piana può non dar campo ad errori sensibili, per lo stesso motivo pel quale un piano tangente alla sfera può, per un certo tratto, essere confuso colla superficie della sfera stessa.

Quindi fu giuocoforza di ricorrere a spedienti che permettessero di riprodurre il reticolo delle coordinate o parte di esso, conservando o una o l'altra delle condizioni sovr'accennate, o producendo tali alterazioni, il cui valore fosse facilmente apprezzabile dall'occhio o dal calcolo. Da ciò l'uso delle *proiezioni geografiche*, delle quali alcune vennero escogitate dal genio greco, ma il numero e la varietà delle quali andò largamente moltiplicandosi col tempo. Il significato originario della parola *proiezione*, veramente sembrerebbe limitarne l'uso a designare le semplici rappresentazioni prospettiche. In realtà ciò non si verifica se non per alcune proiezioni, e queste stesse e le altre che si basano sopra concetti di *sviluppi* geometrici o sopra sistemi di *combinazioni* convenzionali, esigono alcune speciali conoscenze tecniche per essere costruite. La necessità quindi di ricorrere ad un linguaggio e all'esposizione di costruzioni grafiche speciali, ci persuade, come dicemmo, a destinare un posto a sè a quella parte, pur non molto diffusa, che intendiamo di assegnare a siffatto argomento (1).

Però trovato il modo di riprodurre il reticolo delle due principali coordinate geografiche, fu agevole la inserzione di tutti gli accidenti geografici, cioè fu agevole inscri-

(1) V. la bibliografia del soggetto nell'**Appendice II.**

(2) STRABONE *Geografia*, II, cap. 5, 10.

(3) Il rinascimento della cartografia fu segnato dai portolani e dalle carte nautiche. Però alle prime carte topografiche a *venti e misure* comparvero quasi contemporaneamente i *rilievi plastici*, dei quali il primo che noi conosciamo sarebbe la pianta di Firenze e dei suoi dintorni fatta nel 1529 da Benvenuto della Volpaia per conto di Clemente VII. Cnfr. il *Saggio di cartografia della Regione veneta*, diretto da G. MARINELLI, Venezia, Naratovich, 1881, Introduz., pag. XXXVIII.

(1) V. **Appendice 2,ª** *Projezioni e carte geografiche.*

Digitized by Google

vervi quanto, con frase tecnica germanizzata, si chiama la *situazione*. Quindi si collocarono sulle carte i contorni delle coste marittime e lacustri, le linee fluviali, i luoghi abitati, e più tardi, i varchi, le cime e le catene di montagne, i confini politici degli Stati e simiglianti accidentalità naturali e artificiali. Le diversità morfologiche orografiche suggerirono la esistenza di una terza coordinata geografica: l'*altitudine*, e la necessità di rappresentare pur quella. Da ciò la introduzione di nuove linee, ovvero di uno speciale ombreggio del disegno, ovvero di tinte diverse, spedienti destinati in modo più o meno prospettico, più o meno convenzionale, a rappresentare il rilievo del terreno. In pari tempo, il bisogno di inserire in uno spazio limitatissimo numerosissimi oggetti, le dimensioni vere dei quali non sono sempre in corrispondenza alla loro importanza geografica, rese necessaria l'intromissione di certi segni convezionali, ormai diventati un vero alfabeto, col quale il tipografo e il geografo devono prendere famigliarità.

Così a poco a poco la *grafè pinax* dei Greci, la *tabula picta* dei Latini, la *imago mundi* o il *portolano* dei tempi di mezzo hanno dato posto alla carta geografica moderna, la quale, mentre riassume in sè i risultati di operazioni e [di studi dovuti a scienze diversissime, cominciando dall'alta geodesia e terminando colla statistica, ed è essa stessa il prodotto di una o più arti rappresentative, offre in piccolo spazio un disegno proporzionato, fedele, corretto, minuzioso, fino e talvolta elegantissimo della superficie del globo e delle sue accidentalità, sia in ordine alla loro posizione reciproca sia in ordine all'aspetto esterno ch'esse presentano: — vero e solenne monumento del pensiero e della umana attività

CAPITOLO II.

LA LUNA (1).

Che fai tu, luna, in ciel? dimmi che fai,
Silenziosa luna? . . . . . .
. . . . . dimmi: ove tende
. . . . . .
Il tuo corso immortale?

LEOPARDI, *Canto notturno di un pastore errante nell' Asia.*

1. La nostra corsa pei cieli non è completamente fornita. Ci resta da prendere ad esame ancora un astro; il tacito compagno della Terra, che ne illumina sovente le notti, che sempre ne influenza i moti dei mari e fors'anche le vicissitudini atmosferiche, che solo ormai è rimasto a girarle d'attorno del numeroso corteo d'astri, che l'antichità le riconosceva e che Copernico le strappava.

Senonchè, quando si parla della luna, sembra appena di trattare un argomento celeste, tanto essa è vicina a noi, tanto gagliardi sono i vincoli specialmente dinamici che la legano alla Terra, sicchè siamo indotti a

(1) NEWCOMB, pag. 18, 340 e seg.; — ULE (KLEIN) pag. 121 e seg.; — MÜLLER, pag. 171; — DELAUNAY. pag. 405; — HUGUES, pag. 92; — MARTUS, pag. 266; — FLAMMARION, *Les merveilles cèlestes*. pag. 305; — Id. *Les terres du ciel*, pag. 301; — HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. III, pag. 403 e seg., 443 e seg.; — HOUZEAU, pag. 520.

BEER W. *u.* J. H. MAEDLER, *Der Mond* ecc., Berlin 1837; — Id. Id *Mappa selenographica*, 2.ª ediz. Berolini 1870; — SHMIDT J. F. JUL., *Der Mond*, ecc. Leipzig, 1856; — Id., *Charte der Gebirge des Mondes, nach eigenen Beobachtungen den Jahren* 1840-74 *entwissen* ecc., in 25 fogli, mit *Erklärungsband*, Berlin, 1878; — PROCTOR R. A., *The Moon*, ecc., London, 2.ª ediz., 1878; — NEISON EDM., *The Moon*, ecc., London, 1876; — NASMYTH *und* J. CARPENTER, *Der Mond*, ecc., *deutsche Ausgabe von* Dr. H. J. KLEIN. Leipzig, Voss, 1876; — OPELT MORITZ O., *Der Mond, populär Darstellung* ecc., Leipzig, 1879, con Carta; — GUILLEMIN, *La lune*, Paris, 1860; — CELORIA, *La luna*, Milano Treves, 1872; — (Un geologue), *Paysages lunaires*, nel periodico *L'Astronomie* del FLAMMARION. Anno I, pag. 20; — GERIGNY PHIL., *Comment la lune se meut dans l'espace*, stesso period., I, pag. 65; idem. *Etude sélenographiques*, stesso period., II, pag. 156, 193, 233, 273, 312, 353, 391, 431; — FAYE *Comparaison de la lune et de la Terre au point de vue geologique* in *Annuaire du bureau des long.*, 1881, pag. 667; — *Annuario scient. ed Industr.*, Anno III, 1866, pag. 77; Anno VI, 1869, pag. 23; Anno VII, 1870 pag. 37; Anno XI, 1874, pag. 19; Anno XIV, 1877, pag. 15 Anno XVII, 1880, pag. 11.

Digitized by Google

giudicar quella una sola ed unica cosa con questa, ed entrambi un vero sistema fortemente connesso, suscettibile perciò di essere abbracciato dal pensiero senza soluzione di tempo e con uno sguardo solo e comprensivo.

Gli accenni teorici. fatti qua e là nel corso di questo nostro lavoro, ci dispensano adesso dal dover esporre gli spedienti, coi quali si ricavarono alcuni degli elementi lunari. Trovata pel nostro satellite una parallasse media di 57′2″.3, la sua distanza apparve eguale a 60. 2703 raggi equatoriali terrestri, ovvero appena a 384 o 385 mila chilom., a seconda del valore che si attribuisce al raggio terrestre. Accettato per questo il dato del Bessel, la distanza lunare di **384,400** chil., che ne risulta, è di ben 388 volte minore di quella del sole, e tale che la scintilla elettrica potrebbe varcarla in un secondo e mezzo. Tuttavia la palla di uno dei massimi cannoni da noi costruiti, qualora mantenesse la velocità iniziale di 560^{m}. al secondo, impiegherebbe quasi 8 giorni a raggiungere la luna, e un treno diretto (a 60 chilom. all' ora) non meno di 8 mesi e 27 giorni. Però la elitticità dell' orbita ch' essa descrive ora avvicina la luna a 363, 300 chilom. (*perigeo*), ora la allontana a 405 500 (*apogeo*), dal globo nostro con un divario di ben 42200 chilom. fra la distanza minima e la massima, corrispondente ad una eccentricità di circa $\frac{1}{19}$ dell'asse maggiore.

Il suo diametro apparente è di 31′8″, secondo le ultime determinazioni dello Stone (1866) e del Pritchard (1879), il che pressapoco corrisponde ad un diametro reale pari a **3480** chilometri. Al nostro occhio, le sue dimensioni, che si ragguagliano a poco più di mezzo grado, corrispondono altresì alle apparenti dimensioni del sole. E anche in questo caso, estendendosi il cielo visibile da un luogo qualunque a un arco massimo di 180°, basterebbero circa 350 lune, per costruire una zona luminosa, una specie di ponte che cingesse la intera volta da due plaghe opposte.

Il lettore, omai edotto delle vicende celesti, arguisce poi agevolmente come le diverse distanze della luna da noi, portino continue alternative nelle dimensioni apparenti del suo diametro, e ben più importanti di quelle che vedemmo subite dal diametro solare.

Quel diametro reale di 3480 chilom. corrisponde suppergiù a $^{2}/_{7}$ del diametro terrestre, quindi la superficie lunare a poco meno di $^{1}/_{13}$ e il volume ad $^{1}/_{49}$ circa della superficie e del volume spettanti al nostro globo (Fig. 157). Rammentanto poi che la superficie terrestre può ragguagliarsi a circa 510 milioni di chilom. quadr., quella della luna riuscirebbe eguale a soli 38 milioni di chilom. quadr., cioè pressapoco alla superficie

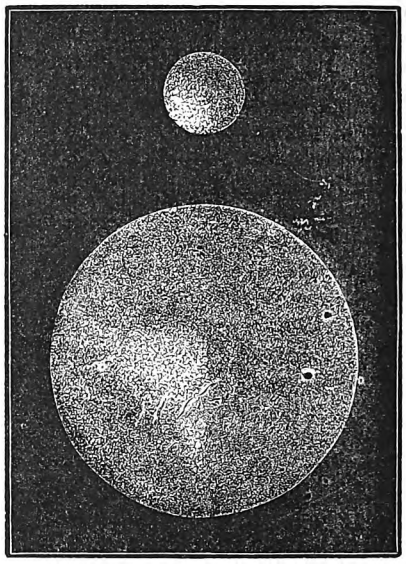


Fig. 157. — Dimensioni relative della Terra e della luna.

delle due Americhe, ovvero a quattro volte quelle dell'Europa.

Qualora la densità della luna fosse pari alla terrestre, la sua massa proporzionale sarebbe data dal numero che esprime il rapporto tra i volumi dei due corpi: ma i computi meccanici, dei quali demmo qualche saggio, ci avvertono che la massa lunare è uguale ad $^{1}/_{81}$ circa della terrestre; — dunque la densità, o il peso specifico. della materia lunare dev' essere ben inferiore della densità terrestre, cioè circa la metà (0.604) di questa.

Ciò viene a dare alla luna una densità media di 3. 4, cioè superiore a quella delle nostre roccie terrestri più compatte, eguale a quella del cristallo (3.3) o del diamante; ma notevolmente inferiore a quelle di qualsiasi fra i nostri metalli.

Quindi il peso alla sua superficie sarà di 6 volte minore che non sia sulla superficie terrestre; talchè un uomo del peso ordinario di circa 70 chilogr., portato sulla luna, non peserebbe se non 11 chilogr. e mezzo.

Digitized by Google

Di quella sua superficie di 38 milioni di chilom. quadrati noi tuttavia non ne vediamo se non una parte.

La vista di quasi completo un emisfero lunare ci è contesa e lo fu sempre agli abitanti del globo, almeno dacchè l'uomo conta fra questi. Imperocchè essa gira attorno alla Terra nello stesso preciso tempo, che impiega a compiere un giro intorno a sè stessa.

Un esempio molto efficace a chiarire la cosa può essere fornito da un pallone aerostatico, che compia il giro del globo. Esso rivolge alla Terra sempre la stessa parte, cioè la bocca, ovvero la barchetta sospesa inferiormente.

Ora a mano a mano che il pallone si sposta sovra la superficie del globo, il suo asse va mutando di direzione nello spazio, in modo che, qual si sia il punto d'onde è partito, quando giunge agli antipodi, tale direzione è completamente rovescia. Proseguendo il giro, l'asse del pallone s'inclina daccapo nell'istesso senso, finchè al momento che lo compie, esso riprende la direzione iniziale. Esso dunque ha descritto un'intero giro intorno a sè stesso; ma siccome tale giro venne compiuto nel tempo medesimo impiegato per girare il globo intero, di necessità la parte del pallone rivolta alla Terra fu costantemente la stessa.

La ragione per cui la luna ci rivolge sempre la medesima faccia, sta senza dubbio nella sua figura non perfettamente sferica. La sua forma in linea di probabilità è quella di un elissoide o forse, meglio ancora, di un ovoide, il cui asse maggiore è costantemente rivolto alla Terra. Del resto la differenza fra i due assi dell' ovoide lunare, è stimata generalmente non molto grande; ma una volta che essa si ammette, ne viene anche la conseguenza che nella luna il centro di gravità non coincide col centro di figura. L'Hansen in seguito a molti calcoli teorici, arrivò anzi a concludere che il centro di gravità della luna dev'essere bensì posto in direzione della retta che congiunge il centro della Terra col centro geometrico lunare, però un 59 chilom. al di là di quest'ultimo. Secondo tale ipotesi metà dell' emisfero a noi rivolto sporgerebbe quindi quasi un altipiano di 59 chilom. sul medio livello, e di altrettanto sarebbe depressa sotto di questo la metà dell'emisfero opposto. Quest'ultimo perciò potrebbe essere in condizione di possedere un' atmosfera, una vegetazione e una vita negata a quello che noi scorgiamo.

Affermando che la luna rivolge sempre la stessa faccia a noi, non intendiamo di dire che noi possiamo scorgere soltanto una esatta metà della sua superficie. A permettere che si veda qualcosa più di tale metà concorrono le cosidette *librazioni lunari*. Prima di tutto la Terra non è un punto, anzi le sue dimensioni rispetto alla distanza lunare sono considerevoli. Quindi, se supponiamo che nell'istesso momento due osservatori contemplino la luna da due punti opposti del globo, ciascuno di essi vedrà un emisfero lunare; ma i due emisferi da loro visti non coincideranno, perchè ognuno di essi potrà scorgere dalla propria parte la superficie di una esilissima falce, non visibile per l'altro. Questo fenomeno, detto *librazione parallattica*, aumenta la superficie visibile della luna di forse 6 o 7 millesimi.

Più importanti sono gli effetti delle altre due librazioni. Una è detta *librazione in longitudine* e proviene da ciò che segue. La rotazione della luna intorno al proprio asse si effettua in modo sensibilmente uniforme; mentre il moto di rivoluzione ha luogo con una velocità variabile. Dalla discordanza fra i due moti proviene che la Terra si trova ora all'oriente, ora all'occidente del punto dello spazio esattamente opposto a quel punto della luna, che viene considerato quale centro dell'emisfero visibile. Epperciò noi scorgiamo ora a dritta ora a sinistra, o più correttamente ad est e ad ovest della luna; qualche lembo della sua superficie di solito invisibile.

A questa librazione in longitudine, che ci fa vedere qualche meridiano lunare ordinariamente invisibile, va aggiunta una *librazione in latitudine*, che ci scopre qualche parte delle calotte polari della luna, delle quali non ne dovremmo mai vedere se non la metà. Questa terza libràzione proviene dal fatto che l'asse lunare è alquanto inclinato sul piano dell'orbita: ond'è che la luna ci presenta ora un polo ora l'altro, e quindi, in tali casi, ci è permesso a volta a volta di scorgere quei punti lunari che stanno al di là dei poli stessi.

Le tre librazioni ci rendono così possibile di scorgere ben più che la metà, cioè suppergiù 590 millesimi della superficie lunare, mentre non ne conosciamo affatto 410 millesimi. Dei 38 milioni di chilom., ai quali essa corrisponde, la parte conosciuta si stende per 22 milioni di chilom., superficie di circa 1 milione superiore a quella di una delle calotte polari terrestri.

Sarebbe ormai far torto ai lettori se ci trattenessimo molto a dar ragione delle fasi lu-

Digitized by Google

nari. Dopo i solari, furono certo i primi tra i fenomeni celesti che attrassero l'attenzione dei popoli e furono anche tra i primi esplicati. Le scuole greche, ancora cinque o sei secoli prima di Cristo, insegnavano che le fasi erano dovute alla opacità della sfera lunare e al suo riflettere la luce (1) del sole, diverso in relazione del posto occupato a volta a volta dai due astri rispetto alla Terra. Quindi è noto a tutti come, allorquando la luna passa fra il sole e la Terra (*congiunzione*), noi non la vediamo affatto (*novilunio*), dacchè è l'emisfero non illuminato quello ch'è rivolto dalla nostra parte. Allorquando essa dista dal sole di un intero quadrante (*quadratura*), noi vediamo una metà dell'emisfero illuminato, e allora abbiamo il *primo* o l'*ultimo quarto*. Finalmente allorquando essa è in opposizione col sole, l'emisfero illuminato da questo ci si presenta nella sua interezza; dandoci lo spettacolo della *luna piena* o *plenilunio* (2).

Il periodo della completa indivisibilità della luna, durante il novilunio, varia secondo i varî luoghi terrestri e dura quindi da due a tre giorni. Sotto il bel cielo di Grecia o d'Italia non è difficile che la luna si possa scorgere anche soltanto 26 o 27 ore dopo la sua congiunzione.

Il primo apparire della luna in falce esilissima e splendente, la *neomenia* dei Greci, festeggiata da essi e da quasi tutti i popoli dell'antichità e da molte nazioni anche oggidì, si accompagna ancora con un altro fenomeno attraente e curioso; quello della *luce cinerea*. Mentre la falce lunare, volgendo la propria convessità al sole, spicca netta sul cielo, nella concavità ch'essa abbraccia si scorge ad occhio nudo un disco verdognolo, a luce velata e quasi trasparente, limitato dalla prosecuzione ideale dell'arco luminoso visibile. Evidentemente quel disco rappresenta la maggior parte dell'emisfero lunare allora non illuminato dal sole, e la semiluce, che lo distingue dal profondo azzurro del cielo, proviene senza dubbio dalla luce che la Terra allora riflette in pieno verso il proprio satellite, e che stante le dimensioni del nostro, pianeta, esercita un effetto luminoso almeno 13 volte maggiore di quello della luna piena. Ragione già balenata ancora nel secolo XVI a quel potente ed universale ingegno di Leonardo da Vinci.

La luce cinerea è al suo colmo 3 giorni dopo la luna nuova, e allora splende da 4 a 7 mila volte meno della sezione brillante dell'astro; — ma non si dilegua affatto se non uno o due giorni dopo il primo quarto.

Fra ciascuna fase e quella che immediatamente la segue, corre un intervallo di 7 giorni e $^1/_3$. Ond'è che, per passarle tutte, la luna impiega 29 giorni e $^1/_2$ circa, o più esattamente $29^g.\ 12^{ore}\ 44^m\ 3^s$, periodo che si chiama *lunazione* o *mese lunare* o *rivoluzione sinodica* della luna, e che si definisce: *il tempo compreso fra due successive congiunzioni della luna col sole.*

Se la Terra fosse immobile nello spazio, tale periodo sarebbe corrispondente, senza divario alcuno, ad una rivoluzione della luna intorno ad essa. Ma il moto della Terra intorno al sole la sposta durante un mese di una certa quantità, pari circa a 29°, e siccome la luna descrive la sua orbita da ponente a levante nel senso stesso del moto terrestre, così avviene che il suo giro è compiuto prima ch'essa ritorni in congiunzione col sole. Quindi la sua *rivoluzione siderea* dev'essere necessariamente più breve della sinodica.

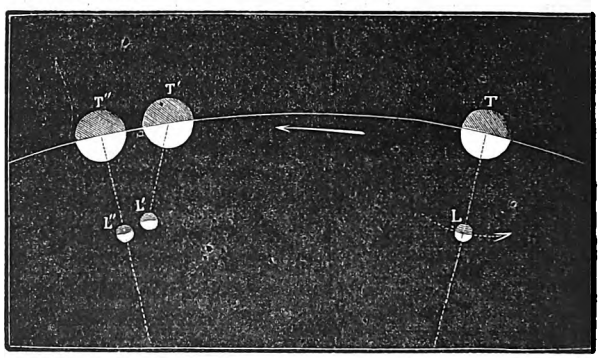


Fig. 158. — Differenza fra la durata della rivoluzione siderea e quella della rivoluzione sinodica della luna.

Sia T la Terra (Fig. 158), che percorre la sua orbita nel senso indicato dalla freccia a tratto continuo; L la Luna, che descrive la sua nel senso della freccia punteggiata. La retta TL e il suo prolungamento segna la direzione occupata dal sole. Se la Terra stesse immobile, la luna partendo da L compirebbe un intero giro intorno al sole una volta che tornasse in L, cioè in congiunzione col sole stesso. In tal caso la sua rivoluzione siderea

(1) « Aussi comme une espée brunie et uns cristaus .... » dice Brunetto Latini nel suo *Trèsor* (par Chabaille; Paris, Imprim. imper. 1863, pag. 137), il che mostra come la stessa spiegazione avesse credito, già dalle prime epoche del risorgimento medioevale.

(2) Vedi la cartina delle *Fasi lunari* nella **Tav. VI Sistema solare.**

Digitized by Google

sarebbe eguale alla sinodica. Ma, mentre la luna percorre la sua orbita, la Terra si porta in T'. Perchè la rivoluzione siderea si compia, è sufficiente che la luna riprenda la posizione iniziale rispetto ad una data stella, ovvero, stante la infinita distanza delle stelle, basta che la retta condotta fra la Terra e la luna riprenda una direzione parallela alla direzione iniziale. Questo succede allorchè la luna ha raggiunto la posizione L', essendo la retta L' T'' evidentemente parallela alla LT. Ma in L' la luna non ha ancora raggiunta di nuovo la congiunzione col sole, per toccare la quale è mestieri ch'essa assuma la posizione L''. Il tempo quindi che la Terra impiega a descrivere l'arco T'' T''', rappresenta la quantità della quale la rivoluzione sinodica supera la siderea.

La rivoluzione siderea si definisce: *il tempo impiegato dalla luna a descrivere la propria orbita* (1). Essa è uguale a 27g. 7ore 43m. 12s, in guisa da essere di due giorni e $^1/_3$, o, più esattamente, di 2g. 5ore 0m. 51s, più breve della rivoluzione sinodica. Ora, essendochè l'orbita lunare si sviluppa per 2,415,000 chil., la velocità orbitale della luna, e lo vedemmo (2), si può ragguagliare a poco più di 1 chillom. (1.023m.) al secondo, cioè appena al doppio della velocità iniziale dei nostri maggiori proiettili,

Il moto di rivoluzione terrestre trascina poi anche la luna intorno al sole. Quindi se si volesse descrivere la figura dell'orbita lunare, non sarebbe corretto di rappresentarla mediante un'elisse, bensì mediante una curva leggermente ondeggiante intorno alla elisse descritta dal centro terrestre. Di solito nei manuali si disegna questa curva come una serpeggiante epicicloide che rivolge al sole ora la parte concava, ora la parte convessa. In realtà il numero delle lunazioni in un anno, nonchè le proporzioni fra le distanze della Terra dalla luna e del sistema geo-lunare dal sole sono tali che l'epicicloide descritta dalla luna non soltanto differisce di pochissimo dalla elisse descritta dalla Terra, ma è concava verso il sole anche nei tratti che rappresentano la percorrenza della luna internamente all'orbita terrestre e che quindi, nei soliti disegni, son figurati con una curva decisamente convessa verso l'interno.

La figura 159 può dare sufficiente idea della forma di siffatta epicicloide.

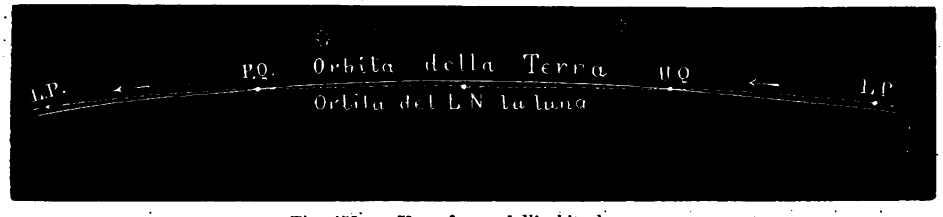


Fig. 159. — Vera forma dell'orbita lunare.

Il piano racchiuso dall'orbita lunare non coincide con quello dell'eclittica; ma forma con esso un angolo, il cui valore medio è di 5°8'40", oscillante però di 8 a 9' in più e in meno in causa di un movimento dell'asse lunare assai analogo a quello della nutazione terrestre. Quindi la luna ora si trova a settentrione ora a mezzogiorno dell'eclittica (1), fatto che vedemmo e vedremo causa di importanti conseguenze pel nostro globo.

L'equatore lunare non giace nemmeno esso sul piano dell'orbita; ma fa con questo un angolo che, secondo le ultime determinazioni, ammonta in media a 6°40'49", mentre quello ch'esso fa col piano dell'eclittica si valuta ad 1° 32' 9".

(1) Ovvero: *il tempo interposto fra due successive congiunzioni della luna con una stessa stella.* Un terzo modo di considerare il moto orbitale della luna è quello che dà origine alla cosidetta *rivoluzione tropica.* Essa si definisce: *il tempo che la luna impiega per far ritorno alla stessa longitudine,* e dura 27g. 7ore 43m. 5s. e la sua differenza, del resto piccolissima, dalla siderea, è causata dalla precessione degli equinozi. Si distingue ancora da queste la *rivoluzione anomalistica,* che si definisce: *il tempo interposto fra due successivi ritorni della luna all'apogeo,* cioè alla massima distanza dalla Terra. Essa dura 27g. 13 ore 18m. 37s. Si ha finalmente la *rivoluzione draconitica,* che si definisce: *il tempo interposto fra due ritorni della luna al luogo dov'essa passa dal S. al N. dell'orbita terrestre;* quest'ultima dura 27g. 5ore 5m. 36s. Gl'inglesi la chiamano *nodical revulution.*

(2) Pag. 93., Nota. I numeri ivi dati sono solamente approssimativi.

(1) Rammentiamo che la retta secondo la quale s'intersecano i due piani si dice *linea dei nodi.* Il *nodo ascendente* è il punto nel quale la luna passa dal sud al nord dell'eclittica, il *nodo discendente* l'opposto. Da tali passaggi è determinata la lunghezza della rivoluzione draconitica o *nodicale.*

Aggiungasi altresì che essendo l'eclittica, come vedemmo, inclinata di 23° $\frac{1}{2}$ sull'equatore terrestre, l'orbita lunare può essere inclinata rispetto a quest'ultimo di questo valore, aumentato o diminuito della propria inclinazione sull'eclittica, cioè può presentare rispetto all'equatore terrestre un'inclinazione variabile fra 18° $\frac{1}{2}$ $\left(23°\frac{1}{2} - 5°\right.$ e $\left.28° \frac{1}{2}\left(23°\frac{1}{2} + 5°\right)\right)$.

Digitized by Google

Del resto, neanche i movimenti lunari non sono così semplici, come dapprincipio si esposero a scopo di chiarezza. Anche la luna subisce dagli altri corpi celesti perturbazioni visibili tanto più in quanto la sua vicinanza a noi ce le rivela dalla prima all'ultima. Ond'è che i moti lunari, pur conosciuti da remotissimi tempi, fornirono sempre un problema complesso, *vexata quaestio* nell'antichità, e non risoluta in tutte le sue particolarità e completamente nemmeno oggi.

Fra le ineguaglianze lunari, la più notevole è la cosiddetta *equazione del centro*, prodotta dal fatto che il nostro satellite descrive un'orbita elittica, e che quindi il suo moto non è uniforme. Se si immaginasse una luna fittizia, costretta a percorrere un'orbita circolare, e quindi mossa da moto uniforme, la luna reale si mostrerebbe ora in anticipazione ora in ritardo rispetto a quella, e durante un'intera lunazione coinciderebbe con essa in due soli istanti: quelli degli absidi. L'angolo che separa la posizione delle due lune, la fittizia e la imaginaria, dicesi *equazione del centro*.

Questa ineguaglianza, già scoperta da Ipparco, vien resa variabile dall'*evezione* scoperta da Tolomeo. Qualora la linea degli absidi (perigeo ed apogeo) corrispondesse con quella delle sizigie (congiunzione ed opposizione), si avrebbe questa conseguenza che ne riuscirebbe allungata l'orbita lunare o, che è lo stesso, aumentata la sua eccentricità. Difatti nel novilunio (congiunzione) la luna frapposta tra il sole e la Terra, è attratta da quello più di questa, in ragione della sua prossimità; nel plenilunio, la Terra, allora più vicina al sole, è da questo attratta più che non sia la luna: in entrambi i casi la conseguenza di un allontanamento della Terra dal suo satellite. Se questo fatto avesse luogo mentre la luna si trova agli absidi, la distanza di questi ne verrebbe aumentata e quindi analogamente la forza attrattiva della Terra sulla luna diminuita e con essa la velocità di movimento lunare. Variando continuamente la posizione degli absidi rispetto a quella delle sigizie, si moltiplicano le combinazioni di attrazione solare, di relativo allontanamento della luna dalla Terra e di velocità di spostamento orbitale lunare, epperciò il bisogno di correggere analogamente la equazione del centro dell'errore prodotto dalla evezione.

La quale non è da confondersi colla *variazione* scoperta da Ticone Brahè. Questa ineguaglianza proviene dal fatto seguente. La luna, mentre va dalla opposizione alla congiunzione, si move verso il sole; mentre ritorna dalla congiunzione alla opposizione, si move in senso contrario. Nel primo caso l'azione attrattiva del sole asseconda quel moto e quindi lo accelera; nel secondo agisce in senso ad esso contrario e quindi lo ritarda. Le manifestazioni del ritardo e dell'accelerazione non avvengono però così subito come può parere a primo aspetto, onde la correzione che ne deriva apparisce minima sì nelle quadrature come nelle sizigie e massima negli ottanti, vale a dire nei punti ad esse intermedî.

Tutte le ineguaglianze vengono a loro volta aumentate o diminuite a seconda della maggiore o minore distanza della Terra, o diciamo, del sistema geo-lunare dal sole. Difatti, generalmente, le azioni del sole e della Terra sulla luna sono contrarie una all'altra, e l'aumento dell'azione solare corrisponde ad una diminuzione di effetti dell'azione terrestre. In dicembre quindi, allorchè la Terra è al perielio, ossia alla massima vicinanza col sole, l'aumentata potenza attrattiva di questo addurrà un rallentamento nella velocità orbitale della luna; in luglio, allorchè la Terra è all'afelio, la potenza sua sulla luna ne sarà a sua volta aumentata, onde un'accelerazione nella velocità orbitale di questa. Realmente un confronto fatto tra la durata della rivoluzione della luna ad epoche diverse dell'anno, mostra ch'essa in dicembre è di circa $^1/_4$ d'ora maggiore che non in luglio. Da cui il bisogno di una nuova correzione, pure intravvista dal Brahé, ma messa in evidenza e chiamata *equazione annua* della luna dal Keplero.

Del resto anche l'orbita lunare, come la terrestre (e lo vedemmo), si sposta intorno al foco ove si trova la Terra. Tale spostamento è manifestato dal *moto degli absidi* lunari, pel quale il perigeo e l'apogeo cangiano continuamente di sito, in modo da percorrere l'orbita intera in 3233 giorni o in 8 anni, 10 mesi e $^1/_2$. Anche questo spostamento proviene dall'azione perturbatrice del sole, che mira ad allontanare la luna dalla Terra e fa procedere di moto diretto il punto dell'apogeo lungo l'orbita stessa.

Rimane da ultimo a parlare della *retrogradazione dei nodi lunari*. Vedemmo che l'orbita della luna è inclinata di poco oltre a 5° sul piano dell'eclittica e quindi il nostro satellite, ad ogni sua rivoluzione siderea, deve tra-

Digitized by Google

versare due volte il piano dell'eclittica, una volta passando a nord, l'altra ripassando a sud della medesima. Fuori di quei due momenti, essa è necessariamente a settentrione o a mezzogiorno di detto piano. Invece il sole procede sempre sul piano dell'eclittica. È troppo naturale quindi che l'attrazione di lui tenda ad avvicinare la luna a tal piano, e che essa perciò sia costretta a traversarlo più presto che non farebbe se l'attrazione del sole non esistesse. Il punto del passaggio, che, como vedemmo, si chiama *nodo*, sarà quindi meno avanzato di quanto non sarebbe mancando l'azione del sole, o, in altre parole, ad ogni rivoluzione apparirà retrogradato lungo l'eclittica di una certa quantità, che si ragguaglia a circa 19°21′ in un anno. Così il nodo compirà l'intero giro dell'eclittica in 6793g. 40 ovvero circa 18 anni e 7 mesi, cioè in un periodo, che noi vedemmo (1) collegato colla nutazione terrestre.

Passate così in rassegna le ineguaglianze lunari, è facile comprendere come il movimento vero del nostro satellite non possa essere espresso se non tenendo conto di un gran numero di equazioni di diversa origine. Aggiungasi ancora che tutte queste equazioni sono a lor volta variabili col variare di alcuni elementi orbitali terrestri e specialmente di quello da noi accennato della eccentricità dell'orbita della Terra. Epperciò la teoria lunare viene a buon diritto giudicata una delle più difficili e complicate che conti l'astronomia.

2. A chi guarda la posizione che la luna occupa nel cielo in un dato istante, riesce agevole riconoscere come 24 ore dopo essa non occupi quel medesimo punto, ma si trovi di un tratto notevole spostata verso levante. Noi sappiamo altresì che nello stesso tempo anche il sole, grazie al suo moto annuale, si sposta di una certa quantità nel medesimo verso. Ma i due spostamenti, entrambi di moto diretto, non sono eguali in valore: quello della luna si valuta a 13°.176 (13°10′35″), mentre quello del sole ammonta soltanto a 0°985 nelle 24 ore. Sorpassando sulle alterazioni provenienti in grazia della inclinazione dell'orbita lunare; dal fatto ora accennato deriva che se in un dato giorno la longitudine della luna è uguale a quella del sole (congiunzione), trascorse 24 ore, le due longitudini non saranno eguali, ma quella della luna supererà, quella del sole di 12° 191 cioè di una quantità eguale alla differenza fra i due spostamenti accennati. Rinnovandosi ogni giorno lo stesso fatto, dopo un certo numero di giorni la differenza fra le due longitudini sarà di 180° (opposizione), poi dopo un'altra serie simile di giorni sarà di 360°, cioè avremo di nuovo la congiunzione, e la vicenda si ripeterà daccapo. Da quanto dicemmo parlando delle fasi lunari, è facile capire come la causa prima per cui esse hanno luogo, risieda appunto in questo giornaliero spostamento lunare. Ma esso è altresì causa di altri effetti che interessano il globo nostro.

Noi sappiamo che questo ruota esso pure da ponente a levante, cioè secondo il moto diretto. Ora supposto che oggi, in un dato istante, la luna e il sole si trovino sopra un determinato meridiano terrestre, passate 24 ore, il nostro meridiano si sarà di nuovo portato nella direzione del sole; ma ancora non avrà raggiunta la luna, la quale si sarà trasportata di circa 12° più a levante. Epperciò il meridiano suaccennato dovrà impiegare ancora 50m. 28s. 32 per porsi di nuovo in coincidenza colla luna. Questo fatto dà quindi origine a un nuovo periodo diurno terrestre detto *giorno lunare*, la cui durata è di 24ore50m. 28s.32, in modo tale che una lunazione comprende non più di 28.53 giorni lunari, mentre vedemmo che comprende 29.53 giorni solari.

Tale periodo presenta un'importanza assai mediocre nella divisione del tempo per gli usi ordinarî della vita; ma diventa importanssimo per gli effetti meccanici ai quali dà origine.

Dopo quanto s'è detto, ognuno comprende come Terra e luna si attraggano a vicenda l'una l'altra. Entrambi mirerebbero a far precipitare la consorella sopra di sè; ma vi si oppongono le attrazioni degli altri corpi, per cui ciascuna di esse non arriva se non a turbare di poco il cammino dell'altra. Tale azione che si esercita dai due corpi considerati come due punti, nei quali si concentri tutta la massa di ciascuno di essi, è alquanto diversa dall'azione che prova ciascuna particella materiale che li costituisce. Diffatti ciascuna molecola terrestre vien attratta verso la luna più o meno potentemente a seconda che si trova più o meno vicina ad essa. Se le varie molecole potessero cedere a tale influenza, si moverebbero tutte con maggiore prontezza le più vicine, più lentamente le più lontane, per avvicinarsi maggiormente al corpo che le attrae. Senonchè tale accondiscenza, vietata alle parti solide più coerenti fra loro,

(1) Pag. 200.

Digitized by Google

è concessa certamente alle parti gasose e liquide del globo. Potendo queste obbedire all'attrazione lunare, nel caso che essa veramente esista, si dovrebbe notare sul globo un rigonfiamento delle acque verso il posto occupato dalla luna nel cielo. Ora, il fenomeno della *marea* mostra che tale rigonfiamento esiste, e fornisce colle sue varie circostanze una nuova e splendida riconferma delle leggi dell'attrazione universale.

È noto come il fenomeno della *marea* si componga di due fasi: quella del *flusso*, o *colma*, od *alta marea*, e quella del *riflusso*, o *secca*, o *bassa marea*. La prima si compie con un movimento ascendente dell'acqua marina, la seconda con un movimento discendente. Le particolarità telluriche del fenomeno saranno svolte in altra parte dell'opera: qui accenniamo solo alle cause astronomiche che lo determinano.

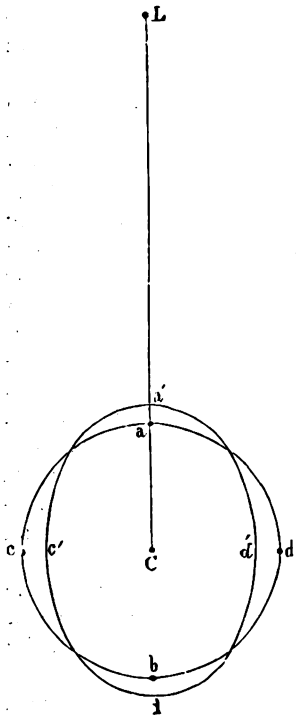


Fig. 160. — La luna e la marea.

Premettiamo che la marea non proviene soltanto dalla luna; ma altresì dal sole. Però le due azioni si possono benissimo considerare per un momento distinte, anche se in realtà i loro effetti sul globo si manifestano in forma di una marea unica. Limitiamo per ora la considerazione alla marea lunare.

Per maggiore semplicità supponiamo che la Terra sia tutta circomvoluta da una sfera acquea. Sia *a b c d* (Fig. 160) la sezione della Terra, *C* il suo centro, *L* la luna, che nella figura è avvicinata al globo in modo esageratissimo. Il punto *a*, sullo zenit del quale si trova la luna, prova un'attrazione verso di essa maggiore che non il punto *C*; ne risulta la tendenza di *a* ad allontanarsi da *C* e una conseguente diminuzione della gravità terrestre per *a* (1). Del pari il punto *b* è attratto dalla luna meno del punto *C*, d'onde la tendenza del punto *b* di allontanarsi esso pure da *C*. Le acque del mare, scorrevoli le une sulle altre e quindi suscettibili di assecondare tali azioni meccaniche, s'inalzeranno dunque in *a* e in *b*, in modo che la sfera acquea assumerà la figura di un elissoide, il cui asse maggiore sarà rivolto nella direzione della luna, cioè secondo la retta *C L*. Quindi sul globo, in ciascun istante, noi avremo due rigonfiamenti o due alte maree, una nei luoghi che hanno la luna al loro zenit, l'altra nei luoghi diametralmente opposti. Le acque accorrenti ai punti nei quali la gravità è scemata, daranno poi origine a due depressioni nelle località intermedie fra i due flussi, cioè in quelle poste a 90° dall'uno e dall'altro.

La quantità della quale viene scemato il valore della gravità pei due luoghi terrestri, allo zenit o al nadir dei quali si trova la luna, si può computare con formole algebriche o anche con semplici operazioni, aritmetiche. Poniamo che il centro della Terra disti dal lunare di 60 raggi terrestri. Chiamando r il raggio terrestre, le distanze del parti *a*, *C* e *b* dalla luna saranno date dai valori $59r$, $60r$, $61r$, e siccome l'attrazione sta in ragione inversa dei quadrati delle distanze, quei tre punti saranno rispettivamente attratti dalla luna con forze proporzionali ai numeri, 3481, 3600 e 3721, ovverosia, rappresentando con 1 l'attrazione provata dal centro *C*, il punto *a* sarà attratto come 1.03, il punto *b* come 0.97. Giova però avvertire che la massa della luna è soltanto $^1/_{81}$ della massa terrestre, per cui un oggetto qualsiasi portato alla distanza r dal centro lunare viene attratto verso tale centro con una forza 81 volte più piccola di quello che lo stesso oggetto alla superficie terrestre non sia attratto verso il centro della Terra.

In altre parole un grave che ha un peso P alla distanza r dal centro terrestre, avrà un peso $\frac{P}{81}$ alla distanza r dal centro della luna. Portando questo grave a $60r$ dalla luna (al centro terrestre), il suo peso sarà ridotto a $\frac{P}{81\times60}$, cioè a $\frac{P}{291600}$. Ora vedemmo come l'azione lunare, essendo 1 al centro terrestre, sarà di $0.03\left(\frac{3}{100}\right)$ maggiore pel punto *a* e di altrettanto minore pel punto *b*. Ma i $\frac{3}{100}$ di $\frac{P}{291600}$ danno $\frac{P}{972,000}$ valore che rappresenta approssimativamente la diminuzione che prova un peso P qualunque posto alla superficie terrestre allorchè la luna passa al suo zenit ovvero al suo nadir.

Se la luna si trovasse costantemente allo zenit di un dato punto terrestre, la massa liquida che supponemmo involgere la Terra, assumerebbe una

(1) Tale diminuzione della gravità si esercita naturalmente anche sulle oscillazioni del pendolo, ma in misura troppo piccola perchè sia possibile di apprezzarla sperimentalmente. — Va del pari notato come da parte di studiosi isolati vi sia stato qualche tentativo di dare alla marea una spiegazione diversa da quella accettata universalmente dai dotti e che noi esponiamo. Tra altri, p. es., il Grablovitz opina che i fenomeni del flusso e riflusso non provengano dal moto oceanico, quanto da periodiche oscillazioni della crosta terrestre attratta dal sole e dalla luna e quindi soggetta a una specie di *marea solida*. V. Grablovitz Giulio, *Nuova teoria sismica delle maree*, Trieste, Appolonio, 1876; — *Dell'attrazione luni-solare in relazione coi fenomeni mareo-sismici*, Milano, tip. dell'Ingegneri, 1877.

Digitized by Google

forma elissoidale permanente, coll' asse maggiore sempre rivolto verso la luna. Ma noi sappiamo che, grazie al movimento proprio accompagnato alla rotazione terrestre, la luna impiega un periodo di $24^{ore}\ 50^{m}.\ 28^{s}.$ (giorno lunare) a passare sopra tutti i meridiani terrestri e a far ritorno sopra quel dato meridiano da cui fosse partita. È facile arguire quindi come il gonfiamento dell'alta marea debba seguire la luna lungo tutti i meridiani terrestri durante il medesimo periodo di tempo, in guisa che il grande asse dell'elissoide accompagni la luna nel suo movimento diurno intorno al globo, andando da est a ovest e compiendo un intero giro in un giorno lunare. Se avesse luogo soltanto una marea meridiana, il flusso avverrebbe ogni $24^{ore}\ 50^{m}.\ 28^{s}.$ ed esso sarebbe seguito da un riflusso ogni $12^{ore}\ 25^{m}.$ circa. Ma stante il doppio flusso meridiano ed antimeridiano, è chiaro che ogni punto terrestre dev' essere soggetto ad un'alta marea ogni $12^{ore}\ 25^{m}.$ circa, cioè ogni volta che la luna passa al meridiano ed ogni volta che passa all' antimeridiano del luogo. La bassa marea che sussegue, si verificherà quindi a $6^{ore}\ 12^{m}.\ 1/2$ circa di distanza da ciascuna delle alte maree. Ora, laddove le speciali condizioni morfologiche della Terra non alterino la semplicità dei risultati, questa è realmente la vicenda che domina l'alternarsi delle maree.

Le quali però sono soggette ad altre modificazioni. Anzitutto la luna stessa agisce diversamente quando si trova all' apogeo, da quando si trova al perigeo. Posto che alla sua distanza media, l'intensità della marea da essa dipendente sia rappresentata dalla cifra 2.22, nel primo caso essa discende a 1.8, nel secondo sale a 2.6. Anche la declinazione della luna modifica gli effetti suoi per le varie parti del globo. Scorra essa lungo l'equatore celeste, e le regioni equatoriali terrestri avranno le maggiori maree, che diventeranno tanto minori, quanto più grandi saranno le latitudini delle varie località. Abbia essa una declinazione qualunque australe o boreale, e la zona di massimo rigonfiamento dei flutti oscillerà seguendola nel suo spostamento nei cieli.

Senonchè avvertimmo che l'azione lunare è associata all'azione solare, sia che questa cooperi, sia che controperi a quella. La potenza attrattiva del sole produce sulla Terra un elissoide simile a quello prodotto della luna; ma, in causa che l'enorme massa del sole viene compensata dalla grande distanza, la sua azione produce degli effetti più deboli di quelli che provengono dal satellite terrestre; in modo che la intensità della marea lunare si deve considerare più che doppia, cioè 2 volte e $1/5$ (2.22), maggiore della solare.

E naturale poi che le due azioni del sole e della luna varino a seconda delle loro posizioni reciproche. Nelle sizigie (congiunzione e opposizione) si sommano; nelle quadrature una va a detrimento dell'altra. Negli ottanti si hanno combinazioni diverse a seconda dell'angolo che formano tra loro gli assi maggiori dei due elissoidi oceanici che immaginammo prodotti dall' azione isolata di ciascuno dei due astri. Altre combinazioni risultano dall'avere sole e luna la medesima declinazione, come avviene, per es., nelle epoche in cui le sizigie coincidono cogli equinozî, e quindi entrambi gli astri sovrastanno all'equatore, producendo le massime maree; — ovvero declinazione diversa. Ancora: l'effetto del sole sulla marea è massimo al perielio e minimo all'afelio, con azione analoga nel caratterè, se non nel valore, al perigeo e all'apogeo lunare. Da ciò la importanza delle grande maree invernali.

È facile poi adesso comprendere quanto il fenomeno delle maree sia complicato soltanto in causa degli agenti astronomici che lo producono e prescindendo quindi dalle alterazioni provenienti per azione delle accidentalità telluriche. Sulle quali avremo occasione di tornare (1), adesso essendoci bastato di mostrare in qual modo, alleato col sole,

> . . . . . il volger del ciel della luna
> Copre e discopre i liti senza posa (2).

3. Vedemmo come nel decorso di un mese circa, la luna passi una volta nello spazio intermedio fra noi e il sole, e una volta nello spazio opposto al sole. In queste circostanze, di consueto non avviene che i tre corpi sieno precisamente allineati in modo da trovarsi sopra una stessa retta; ma in causa dell'obliquità dell'orbita lunare sul piano dell'eclittica, la luna, nel momento della congiunzione o del-

(1) Non va però adesso taciuto come eminenti scienziati sieno d'avviso che il perenne rinnovarsi della marea da est ad ovest, cioè in senso inverso al moto di rotazione terrestre, debba produrre un rallentamento in tale moto. Secondo tale ipotesi la durata del giorno 2400 anni fa sarebbe stata maggiore dell'attuale di circa $\frac{13}{1000}$ di secondo. Vedi del resto la bibliografia di tale interessante controversia in HOUZEAU, pag. 296.

(2) DANTE, *Parad.*, XVI. versi 82, 83. Molti fra i vecchi commentatori di Dante credono soverchiamente temerario arguire che il poeta con questi versi alludesse proprio al flusso e riflusso marino, riconoscendolo proveniente dalla luna. Prescindendo dal fatto che l'azione della luna sulle maree era nota ai Cinesi 1000 anni avanti Cristo, e poscia ai Fenici e ai Greci (ne parlano Pitea, Posidonio, Seleuco, Plutarco e Strabone), fra i Latini essa è ricordata da Plinio (*His. nat.*, lib. II, cap. 97), da Seneca (*Quaest. nat.*, lib. III. cad. 28) e da Cesare (*De bello gall.*, lib. IV). E quantunque misconosciuta dagli Arabi, all'epoca di Dante tale dottrina doveva essere generalmente nota, se non accettata in via assoluta. Difatti in Brunetto Latini, il Maestro dell'Alighieri troviamo dapprima discussa la teorica se la marea dipenda dall'avere o no la Terra un'*anima*, e tosto questa aggiunta: « Mais li astronomien dient que ce n' est se por la lune non; à ce que on voit les floz croistre et apetisier selonc la croissance et la descroissance de la lune, de vij en vij jors que la lune fait ses iiij voultes en xxviij jors par les iiij quartiers de son cercle, de cui li contes a dit (*Li Tresors*, ediz. cit., p. 172, Cap. cxxv). E lo stesso Dante nel § VII di uno scritto minore (*Quaestio de aqua et terra*) ha queste precise parole: « aqua videtur maxime sequi motum lunae, ut patet *in accessu et recessu* maris » (pag. 420, della 3.ª ediz. del Barbèra, Firenze, 1873).

Digitized by Google

l'opposizione, si trova per ordinario scartata da quella retta che accennammo. Questo, diciamo, avviene di solito: però accade altresì ch'essa talvolta si ritrovi precisamente ad uno dei nodi, durante il novilunio (congiunzione) o durante il plenilunio (opposizione). Allora essa giace sullo stesso piano e sulla stessa retta, sui quali stanno la terra e il sole, e allora ha luogo un'*eclisse lunare* o *solare*.

Illuminate entrambi dal sole, la Terra e la luna projettano nello spazio un cono d'ombra, lungo in proporzione delle dimensioni dei corpi e della loro distanza dall'astro luminoso. Così la Terra all'afelio projetta un cono d'ombra lungo non meno di 1,400,000 chilom., che nel perielio si riduce suppergiù ad 1,350,000 chilom.: in entrambi i casi ben superiore alla distanza lunare, che noi ragguagliammo in media a 384,000 chilometri. Tale cono è lanciato nel cielo dalla parte opposta al sole, ossia in quella traversata dalla luna nell'epoca del plenilunio. Se questa epoca coincide coll'istante del nodo, allora la luna deve immergersi nell'ombra terrestre e rendersi perciò invisibile, dando origine ad un *eclisse lunare* (1).

Rispetto alla distanza della luna dalla Terra, la lunghezza del cono ombroso di questa è tale che il nostro satellite passa circa a due terzi di distanza dal vertice e quindi non soltanto può immergersi completamente nell'ombra, ma impiegare un certo tempo a traversarla. Difatti il diametro minimo del cono d'ombra terrestre dev'essere almeno di 1° 15′ 28″ al punto dove passa la luna, mentre il diametro apparente massimo di questa non supera in nessun caso i 33′ 33″, cioè arriva appena alla metà della grossezza del cono stesso. Quindi, qualora l'eclisse sia proprio *centrale*, cioè qualora l'orbita della luna porti il centro di questa a toccare l'asse del cono d'ombra, non soltanto l'eclisse della luna sarà *totale*, ma, come dicemmo, potrà durare un certo tempo. Ma l'orbita della luna può anche portar questa in modo che il suo centro, pur traversando il cono ombroso, non ne tocchi l'asse. In tali casi l'immersione dura un tempo minore e può anche avvenire che non sia completa, cioè che una parte del disco lunare resti fuori del cono ombroso. In tale ultimo caso si ha una eclissi *parziale* di luna. Perchè l'eclisse abbia luogo in un modo qualunque, è necessario, che al momento della opposizione, il centro lunare non disti dall'asse del cono più di 52′ 27″; se dista più di 1° 2′ 37″ l'eclisse è impossibile; se dista meno di 20′ 57″ è sicura e totale.

Naturalmente il verificarsi e la durata di un'eclisse lunare restano influenzati dalla sua maggiore o minore centralità e dalle distanze dei tre corpi che la producono. In nessun caso essa può durare più di due ore (2^{ore} 04), contando dal momento in cui la luna è completamente immersa nel cono d'ombra, a quello in cui il lembo esteriore del suo disco comincia ad emergere dal lato opposto. Se invece si voglia conoscere la massima durata di un'eclisse centrale della luna in tutte le sue fasi, cioè dall'istante in cui il lembo del disco lunare comincia ad immergersi nel cono d'ombra, a quello in cui il disco stesso è completamente emerso, si troverà ch'essa corrisponde a 4^{ore} 12. Accontentandosi di ottenere dei risultati approssimativi, son calcoli questi non difficili ad essere fatti da chi rammenti che la luna impiega 29ᵍ. 53 a descrivere i 360° della sua orbita.

Però non è soltanto un cono d'ombra che la terra proietta nello spazio. Se le dimensioni apparenti del sole fossero così piccole da dargli l'aspeto di un punto luminoso, il limite dell'ombra sarebbe dato in modo preciso da una serie di tangenti alla Terra, col vertice comune nel sole. Ma le dimensioni apparenti del sole sono ragguardevoli; epperciò mentre la Terra colla propria massa opaca intercetta in via assoluta la luce di tutti i punti del sole per tutti i punti posti nel cono d'ombra, nei dintorni di questo avremo uno spazio pel quale sarà intercettata la luce di porzione, ma non della totalità del disco solare. Da ciò la formazione di un cono sfumato di punti graduatamente più e più illuminati, che costituiscono la così detta *penombra*. Il vertice del cono d'ombra sta nella parte opposta al sole; il vertice del cono della penombra, cade in un punto intermedio fra la Terra e il sole, la sua base superiore è data dal circolo d'illuminazione terrestre, e la inferiore sfuma insensibilmente nel cielo. Siccome la massima larghezza del cono della penombra, alla media distanza lunare può ritenersi di 2° 35′ circa, così la massima durata di un eclissi lunare, comprese tutte le fasi di penombra, potra durare da $4^{ore}\ \frac{1}{4}$ a 6^{ore} circa, a seconda che si considerino i momenti dei contatti esterni, od in-

(1) V. la figura nel mezzo della parte superiore nella **Tav. VI. Sistema solare.**

Digitized by Google

tere la immersione e la emersione del disco lunare dal cono ombroso.

Allorchè la luna nel suo moto orbitale si colloca direttamente fra la Terra e il sole in modo da celarne, in tutto o in parte il disco, si verifica un'*eclisse solare*.

Al pari della Terra, anche la luna verso la parte del cielo opposta a quella occupata dal sole projetta un cono d'ombra, la cui lunghezza varia in rapporto della distanza lunare dal sole. Nelle stesse congiunzioni (novilunio) tale lunghezza può variare a seconda dell'essere la luna ed il sole perigei od apogei. Però, mentre il cono ombroso projettato dalla Terra non riesce in nessun caso inferiore a 213 raggi terrestri (1,350,000 chilometri), la lunghezza del cono ombroso lunare nelle congiunzioni può variare tra un valore massimo di 59.67 e un valore minimo di 57.68 raggi terrestri, rispettivamente eguali a 380,000 e a 368,000 chilometri. Noi sappiamo che eziandio la distanza della luna da noi varia tra un massimo di 64 e un minimo di 57 raggi terrestri, rispettivamente 405,500 e 363,000 chilometri. Allorchè quindi nel novilunio il nostro satellite invia il suo cono ombroso in opposizione al sole e per conseguenza verso la Terra, non sempre avviene che tale cono superi la lunghezza che ci divide dalla luna, anche nel caso che sia soddisfatta la condizione richiesta perchè abbia luogo l'eclisse, cioè quella che i centri dei tre corpi in questione sieno allineati lungo una medesima retta.

Qualora poi si tenga conto della circostanza che le dimensioni della luna sono ben inferiori a quelle della Terra, si comprenderà agevolmente la differenza che intercede fra un'eclisse di luna e una di sole.

Anzitutto la Terra non si immerge mai intera nel cono d'ombra lunare, mentre soltanto in date condizioni favorevoli il vertice di questo può attingere un luogo o l'altro della superficie terrestre. Queste condizioni favorevoli si verificano con sicurezza allorchè la Terra è all'afelio e la luna al perigeo. Allora per tutti i luoghi della Terra attinti dal cono ombroso si verifica un'eclisse *totale*, se il passaggio della luna sul sole è *centrale*; altrimenti ha luogo un'eclissi parziale. Ma nel caso che la Terra si trovi al perielio, cioè prossima al sole, e la luna all'apogeo, cioè alla massima distanza dalla Terra, allora il vertice del cono ombroso lunare non arriva sino al globo nostro. Per un osservatore terrestre allora la grandezza apparente del disco lunare è inferiore a quella pure apparente del disco solare, quindi se anche il primo si sovrappone al secondo, centro su centro, non lo può coprire per intero, ma ne lascia necessariamente scoperto tutto all'ingiro un anello luminoso concentrico. In questo caso per tutti i luoghi terrestri, che si trovano sul prolungamento dell'asse spettante al cono ombroso, si verifica un'eclissi *anulare*.

Mentre per l'eclissi di luna vedemmo necessaria la coincidenza del plenilunio col nodo, per l'eclissi di sole è necessaria quella del novilunio col nodo. Però, pure in questo caso, un'eclisse può avverarsi anche se la coincidenza non è perfetta. L'eclisse si verifica senza dubbio qualora nell'istante della congiunzione, in cui sole e luna presentano la stessa longitudine, la latitudine della luna non superi 1° 34′, — è certa se tale latitudine rimane inferiore ad 1° 24′.

Anche il tempo della durata di un'eclisse solare è diverso. Presa tutta la Terra, la massima durata di un'eclisse lungo l'equatore arriva a 4^{ore} e $\frac{1}{2}$, e alle nostre latitudini (45°) a $3^{ore}\frac{1}{2}$; ma per un punto solo del globo sull'equatore, la luna, nell'eclissi totale, non copre totalmente il sole per un tempo maggiore di $7^m\,58^s$, e nell'anulare non si projetta tutta sul suo disco per un tempo più lungo di $12^m\,24^s$. Alle più alte latitudini la durata è naturalmente minore. Per le nostre latitudini la durata del fenomeno nei due casi ultimi accennati, sarebbe rispettivamente di $6^m\,15^s$ e di circa 10^m.

Il diametro del cono ombroso lunare laddove esso incontra la superficie terrestre può avere una larghezza di oltre 200 chilom., per cui l'eclisse sul globo può essere visibile lungo una zona di tale larghezza ed estesa poi oltre a 16 mila chilometri. Però, siccome anche in questo caso si forma, oltre quello d'ombra, un cono di penonbra assai più largo del primo, parallele e laterali alla zona accennata scorreranno altre due zone, nelle quali saranno compresi quei luoghi dove il disco del sole sarà coperto soltanto parzialmente (1).

(1) Tanto nelle eclissi di sole quanto in quelle di luna, la superficie eclissata si soleva esprimere in *digiti*, cioè in dodicesime parti del diametro apparente del disco. A questa maniera imperfetta, adesso si è sostituito un rapporto di superficie. Dato che il numero 1.00 esprima la superficie apparente del disco, la fase dell'eclissi si esprime col numero che rappresenta in centesimi la superficie

Digitized by Google

Anche i fenomeni esteriori che accompagnano le eclissi presentano un grande interesse. Nell'eclissi di luna meritano di essere segnalati: la figura dell'ombra terrestre che si disegna curva sul disco lunare a conferma della rotondità del globo; il procedere regolare della luna nei due coni della penombra e dell'ombra, che graduatamente la oscurano; i fenomeni di rifrazione prodotti dall' atmosfera terrestre sui raggi solari che la traversano più o meno radenti la superficie del globo e ai quali forse si deve la tinta disuniforme, rossastra o color cioccolatte, che la luna assume in tali circostanze; da ultimo gli enigmatici luccicamenti, che talvolta si scorgono sul suo disco, non esplicabili sempre con effetti secondarî di luce solare. Generalmente, anche nelle eclissi totali, è assai raro che la luna si tolga completamente alla vista dell'osservatore, massime se munito di telescopio. Però la completa sparizione della luna fu segnalata dal Keplero nella eclisse del 9 dicembre 1601, dall'Evelio in quella del 25 aprile 1642, e, nel secolo presente, in quella del 10 giugno 1816.

Assai più curiosi e imponenti sono i fenomeni che accompagnano un'eclisse, specialmente totale, di sole. La loro importanza scientifica si connette colle ricerche intorno le dimensioni dei due astrì, le cui imagini sembrano sovrapporsi, intorno all'esistenza dei pianeti intramercuriali, all'atmosfera lunare e ai fenomeni cromosferici e coronali del sole. Noi già ne accennammo alcunchè (1). Altri fenomeni, pur interessanti per la scienza, s'impongono durante le eclissi solari alla fantasia dei viventi. La luce del giorno, senza che niente annunci l'approssimarsi della notte, decresce e cede il posto ad una luce sinistra e strana; lo spendido globo solare viene a poco a poco coperto da un disco oscuro fino ad assumere sembianza di falce che, diventata esilissima, ad un tratto sparisce. Allora tenebre giudicate intense pel loro succedersi quasi inatteso, occupano quello spazio di Terra, pel quale il fenomeno è visibile e con esse si manifesta un insolito abbassamento di temperatura, spesso accompagnato da vento violento e temporalesco. Se il cielo si mantiene sereno, vi si vedon brillare per lo meno le stelle più splendide. Gli animali inferiori si acquietano, come al sopravvenire della notte; gli animali superiori si spaventono e tremano o s'infuriano. L'uomo, più che tutti, si lascia dominare dal terrore, semprechè il suo grado di cultura non lo abbia assicurato della innocuità e della precarietà del fenomeno. Anche nelle circostanze che accompagnano l'eclisse solare, l'atmosfera terrestre esercita non piccola azione. Vedemmo, per es., che il cono ombroso lunare, benchè si estenda un certo tratto intorno al luogo della totalità, non può comprendere tutta la porzione d'aria sovrastante ad un dato orizzonte. I raggi luminosi solari, esternamente al cono, vengono riflessi e mandano anche nella zona della totalità una certa luce debole e quasi crepuscolare. A chi guarda dall'alto, finalmente, riesce curioso il fenomeno dell'ombra prodotta dall'eclisse, che scorre sulla superficie terrestre con rapidità grandissima (anche di 70 chilom. al minuto) dando sembianza dell'ombra di nubi vaganti nell'atmosfera; ma procedendo assai più spedita di quanto quest'ombra soglia mostrarsi.

Avvertimmo come l'eclissi succedano ogni qualvolta un plenilunio o un novilunio coincidono con uno dei nodi. Essendo periodico il rinnovarsi dei nodi e di ciascuno dei due fenomeni accennati, anche la loro coincidenza avrà luogo secondo un dato periodo. Difatti già gli antichi, seguendo empiricamente il ripetersi delle eclissi, aveano visto che il loro ciclo si rinnovava regolarmente ogni 18 anni e 10 giorni, cioè giusta il cosiddetto *periodo caldaico di Saros*. Questo periodo origina dai fatti seguenti. La durata di ogni lunazione è di 29g· 53 giorni medî; quindi 12 lunazioni, che costituiscono l'*anno lunare*, sommano a 354g· 367, cioè a circa 10g· 87 meno dell'anno tropico. Però, supponendo che la luna nuova cominci col primo giorno di un anno, i due periodi non trovano modo di cominciare assieme daccapo, se non dopo 6940 giorni circa, poichè 235 lunazioni sommano a 6939g· 68, e 19 anni tropici a 6939g· 60. Dunque in capo a 19 anni le lunazioni si rinnoveranno regolarmente, coincidendo coi giorni dell'anno secondo il periodo anteriore. Da ciò la formazione del periodo di Metone (un ateniese che le scoperse 433 anni av. Cristo) o *ciclo lunare*.

eclissata. Del resto ecco un ragguaglio fra i digiti e tale rapporto di superficie:

Fase dell'ecl. in digiti	Superf. eclissata	Fase dell'ecl. in digiti	Superf. eclissata
1	0.03	7	0.48
2	0.08	8	0.58
3	0.14	9	0.68
4	0.22	10	0.79
5	0.30	11	0.89
6	0.39	12	1.00

(1) V. a pag. 67 e altresì le figure 62, 63, 64 e 65, a pag. 67 e 68.

Digitized by Google

Giova poi ancora sapere che, grazie al movimento retrogrado dei nodi, il sole non si ritrova di nuovo allo stesso nodo in capo ad un anno sidereo, come avverrebbe se la retrogradazione dei nodi non esistesse, ma invece soltanto in capo a 346g. 61, al quale periodo si dà il nome di *rivoluzione sinodica del nodo*. Tale periodo non coincide poi nemmeno coll'anno lunare, e quindi invece di comprendere quel numero esatto di 12 lunazioni, ne comprende solo 11.74 circa. Tuttavia, se noi moltiplichiamo per 19 il numero dei giorni compresi nella rivoluzione sinodica del nodo otteniamo 6585.52 giorni, numero che contiene quasi esattamente 223 lunazioni. Dunque in capo a 6585g. 52 (pari a 18 anni e 10 giorni) il sole e la luna, rispetto al nodo riprenderanno le medesime posizioni relative, e quindi secondo il medesimo periodo si riproduranno regolarmente le combinazioni che rendono possibili le eclissi.

Il ciclo di Saros di 18 anni e 10 giorni (223 lunazioni), o quello di Metone di 19 anni (235 lunazioni) permettono soltanto una predizione approssimativa delle eclissi, poichè essi medesimi non esprimono una coincidenza esattissima fra i varî periodi. Tuttavia per la predizione delle eclissi lunari in generale si possono considerare come sufficienti. Invece è necessario di rivolgersi al calcolo, se non per fissare l'epoca di un'eclisse solare, certamente per sapere in quale punto del globo essa sarà visibile, per conoscere il carattere di totalità o meno, e simili particolarità. Tali determinazioni sono poi agevolate da speciali pubblicazioni, nelle quali le epoche delle eclissi sono già calcolate preventivamente per lunghi periodi (1).

Nei 18 anni del ciclo di Saros, in termine medio, si annoverano 70 eclissi, delle quali 29 di luna e 41 di sole; non più di 7, non meno di 5 in un anno. L'ampiezza dello spazio, che occupa la Terra rispetto alla zona entro la quale può scorrere il cono d'ombra della luna in congiunzione, fa agevolmente comprendere perchè le eclissi solari sieno più numerose delle lunari. Se però tale rapporto si riscontra abbracciando tutto il globo, esso non si verifica considerando una singola località terrestre.

Vi sono dei luoghi che stettero secoli senza vedere un' eclisse. A Parigi, per es., non si vide alcuna eclisse totale di sole, dopo quella del 1724, nè se ne vedranno altre prima del 1912. A Londra, dopo il 1140 si vide soltanto quella del 1715, e la ventura non accadrà prima del 2090, con un intervallo di 575 anni nel primo caso, di 375 nel secondo. A Milano si ricorda la celebre eclissi totale dell' 8 luglio 1842, la cui totalità durò fra le 6ore 15m. 31s.4 e le 6ore 17m. 45s.7. Più fresca è la memoria della eclisse solare del 22 dicembre 1870, che nella zona della sua totalità comprese parte della Sicilia e della Calabria e che fornì argomento a ricerche diverse (2). Nel corso di questo secolo saranno ancora visibili in Europa le seguenti eclissi totali:

Anni	Giorni	Fase dell'eclissi a Milano in digiti	Luoghi nei quali l'eclissi sarà totale
1887	19 agosto . . .	$10\frac{1}{2}$	N. E. della Germania, S. della Russia, Asia Centrale, ecc.
1896	9 » . . .	7	Groenlandia, Lapponia, Siberia.
1900	28 maggio . . .	9	Stati Uniti, Oceano Atlant., Spagna, Algeria, Egitto.

Del resto al cominciare di ogni anno le principali effemeridi astronomiche e civili espongono anticipatamente le eclissi lunari e solari che devono accadere nel suo decorso colle più importanti circostanze che le accompagnano.

4. L'aspetto della luna attrasse l'attenzione degli uomini in tutti i tempi, qual si fosse il grado della loro cultura. Dai Greci, che vi scorgevano i tratti di una faccia umana, ai Cinesi, ovvero agli Aztechi, che vi scorgono quelli di un coniglio o di una lepre; dai Persiani, secondo i quali la luna, quasi uno specchio rifletteva l'imagine di un paese, a Rodolfo II, imperatore di Germania, a cui tale imagine dava sembianza della figura che presenta l'Italia (3), non v'è, si può dire, popolo

(1) Fra queste la più moderna e accreditata è quella del NEWCOMB, *On the recurrence of solar eclipses with tables of eclipses from B. C. 700 to A. D. 2300*, inserita in *Astronomical papers* pel *Nautical Almanac* di Washington, I., parte 1, 1879.

(2) V. *Annuario scient., ed ind.* Anno V., 1868, pag. 131; Anno VI, 1869, pag. 49; Anno VII, 1870, pag. 604. Sulla importante e recente eclisse di sole, del 6 maggio 1883 e sulle osservazioni compiute intorno ad essa nell'isola Carolina a circa 210° long. E. da Greenwich e a 10° di latit. australe dai signori Jansen e Trouvelot francesi, Palisa, austriaco e Tacchini, italiano, v. *L'astronomie* dei FLAMMARION, Anno II., 1883, pag. 301 e 397. Questa è l'eclisse che presentò la più lunga fase di totalità (5m. 23s.) che finora sia stata osservata.

(3) KEPLERO, *Opera* (già cit. a pag. 90, col. 2ª., nota 3.) vol. II., 1859, pag. 491.

Digitized by Google

nè uomo, che non abbia lavorato di fantasia nell'interpretare i tratti e le macchie, che il disco lunare ci offre.

Agli accidenti, che già rilevava l'occhio nudo, il telescopio venne ad aggiungere tante e sì svariate forme, che si dovette creare una topografia lunare, la *Selenografia*, analoga alla topografia terrestre.

Fu Galileo il primo che alle fantastiche interpretazioni anteriori sostituì la ipotesi che corrispondessero a depressioni crateriformi quelle regioni lunari, che all'occhio nudo si rivelavano quali macchie oscure, e a rilievi quegli spazî somiglianti spesso a montagne di forma conica, che apparivano meglio illuminati. Fu quindi da allora che si cominciò a riconoscere sulla luna una morfologia orografica, altopiani, bassopiani, montagne e vallate simiglianti alle terrestri, e la cui esistenza veniva confermata dai giuochi delle ombre projettate, che si modificavano coll'altezza e colla posizione del sole rispetto agli orizzonti lunari.

Il Galilei stesso andò più innanzi, allorchè si arrischiò a determinare l'altezza di alcune fra le montagne lunari in un'epoca, nella quale non si conosceva con certezza quella di nessuna fra le montagne terrestri, e tentò eziandio la costruzione di una carta lunare. Però più dell'astronomo pisano, quale creatore della topografia del nostro satellite è giusto considerare l'Evelio, colla sua *Selenographia* publicata nel 1647, e tuttora, dopo 238 anni, non destituita di valore per gli studi lunari, anche in seguito alle ricerche dello Schroeter, del Beer e del Mädler, del Neison, dello Schmidt e di altri diligentissimi.

Le molteplici accidentalità morfologiche della superficie lunare si possono riassumere in queste forme principali: *pianure*, *crateri*, *montagne* e *solcature* o *canali*.

Le *pianure* corrispondono ai *mari* della nomenclatura comune, dovuta all'Evelio e al Riccioli, coprono una terza parte della superficie del disco lunare (1) e ad occhio nudo hanno sembianza di vaste macchie cupe, collegate di consueto con altre minori, che si chiamano coi nomi di *laghi*, *paludi* e *golfi*. Il maggior numero loro si nota nell'emisfero boreale, posto in basso nelle solite carte lunari e altresì in quella (1) che forma parte del nostro **Atlante**. I principali fra essi si seguono in quest'ordine, procedendo da ponente a levante: *mare Crisium*, esteso 1,320,000 chilom. quadr.; *mare Foecunditatis* esteso 877,000 chilom. quadr.; *mare Nectaris; mare Tranquillitatis; mare Serenitatis* col *lacus Somniorum; mare Vaporum; mare Frigoris* (al polo nord); *mare Imbrium* o delle pioggie, esteso 772,000 chilom. quadr.; *mare Nubium, mare Humorum* e *mare Procellarum* (2). In complesso si notano 14 mari e altre 8 tra paludi, golfi e laghi. I piani splendidi sono rari e poco estesi.

La regione montagnosa si stende per forse 13 milioni di chilom. quadr., e si potrebbe distinguere in 17 complessi montuosi principali.

Il numero delle montagne lunari in sembianza di grandi crateri ammonta a qualche centinaio, e di esse una sessantina di principali, denominate dai più celebri scienziati e specialmente astronomi noti; finalmente quello dei semplici crateri isolati e di piccole dimensioni, a qualche migliaio.

In generale la forma caratteristica e predominante nelle montagne lunari è quella di *cratere*, ovvero di *vallo* o *ricinto crateriforme* (*walled-plains* degl'Inglesi), di cui un tipo può essere offerto dal prospetto posto in alto

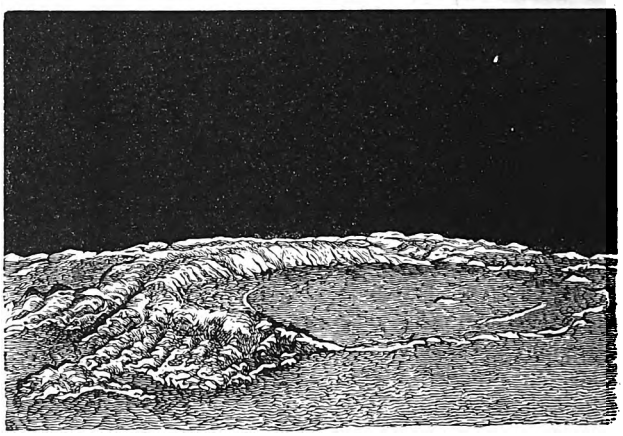


Fig. 161. — Circo lunare presso il mare delle Tempeste.

a destra della nostra **Carta della Luna**, un altro dalla figura 161. Esse si presentano

(1) I soli undici mari principali occupano un'estensione di oltre 5 milioni e ½ di chilom. quadrati.

(1) **Tav. VII, Carta della Luna.** È noto che le carte lunari rappresentano la figura dell'astro rovescia cioè, col nord in basso, il sud in alto.

(2) Queste denominazioni riflettono le idee del secolo XVII, nel quale si adottarono, e nel quale prevaleva il concetto astrologico delle influenze lunari sui fenomeni terrestri fisici ed anche biologici.

Digitized by Google

quindi come un vasto *argine* (è la parola di Galileo) anelliforme ed accidentato, erto verso l'interno, dolcemente inclinato all'esterno, che circonda un piano circolare od elittico interiore, quasi senza eccezione più basso delle regioni circostanti, ma dal centro del quale si elevano una o più montagnole o coni di aspetto vulcanico, che però si spingono sempre ad altezza minore del vallo che le circonda, e con cui non appariscono concatenati. Siffatti ricinti montuosi anelliformi si trovano, come dicemmo, diffusissimi sulla luna e specialmente nel suo emisfero meridionale; ma presentano svariate dimensioni, da quella di vaste catene anulari, il cui diametro superi i 200 chilometri, a quella di semplici crateri o cavità o coni, larghi appena un chilometro. Così il circo di *Clavio*, presso il polo meridionale, ha un diametro di 210 chilom., il circo di *Schickard*, a nord est del precedente, quello di 200 circa, e se ne potrebbero contare forse un'altra ventina, il cui diametro sale a 100 chilometri. Queste dimensioni, già per loro stesse considerevoli, devono parere ben più importanti, qualora si confrontino colle forme analoghe esistenti sul globo terrestre. Nessuno dei crateri vulcanici attuali presenta un diametro maggiore di 5 o 6 chilometri. Fra i crateri terrestri, quello antico del Vesuvio, rappresentato dal circo del monte Somma, arriva appena a 3 chil. e $\frac{1}{2}$ di diametro e quello stesso della val del Bove sull'Etna non supera i 5 chilom. e $\frac{1}{2}$. Per trovare dimensioni paragonabili a quelle dei lunari bisogna ricorrere ai circhi vulcanici terrestri delle epoche geologiche antiche, come quello di Oisans nel Delfinato (20 chilom. di diametro), o a quello dell'isola di Ceylan (chilom. 70 di diametro). Ma anche in tale confronto giova tener conto che la superficie terrestre supera di 13 volte, e il volume di 49 volte il diametro e la superficie della luna.

Le montagne lunari a dir vero non superano le terrestri se ci limitiamo a paragonare fra loro i numeri che esprimono l'altezza per le une e per le altre. Difatto il m. del *Leibnitz* (7610^m), la più elevata fra le vette lunari, rimane di 1230^m. ancora più basso del Gaurisankar (8810^m). Però giova avvertire che quelle due altezze, paragonate alle dimensioni del corpo cui spettano, assumono valori diversi. I 7610^m della più alta montagna lunare equivalgono alla 470ma parte del diametro della luna, gli 8840^m del Gaurisankar appena alla 1440ma parte del diametro terrestre. In proporzione dunque le montagne della luna si possono considerare, rapporto al corpo su cui s'inalzano, tre volte più elevate delle montagne terrestri (1).

I valli si elevano di solito da 3 a 4000^m soltanto.

Tali determinazioni si fanno del resto con un metodo, talvolta adoperato sul globo per conoscere l'altezza relativa di un albero o di altro oggetto inaccessibile, cioè misurando l'ombra che le montagne projettano sulle pianure.

In generale poi sulla luna nulla o ben poco si trova da rassomigliarsi alla plastica delle regioni montuose terrestri. Le stesse cosidette catene di montagne lunari, gli *Apennini*, i *Carpazî*, non soltanto non ricordano le omonime accidentalità, ma non trovano riscontro addirittura con veruna catena terrestre.

Tra le singolarità lunari poi meritano menzione i circhi crateriformi appaiati e solitamente di dimensioni diverse, quali *Posidonio* (2) a nordovest, *Copernico* (Fig. 162) a nordest, *Ticone* a sudest e *Teofilo* a sudovest.

Curiose sono altresì le *montagne raggianti*, che si palesano durante il plenilunio, cioè allorchè la luce solare, colpendo in pieno l'emisfero lunare a noi visibile, non dà origine ad ombra di sorta. In tale fase alcune montagne, quale Ticone, Copernico, Keplero ed Aristarco (3), ma precipuamente la prima, emettono una specie di aureole luminose a raggi piuttosto sottili, ma lunghi ben 2 o 3000 chilometri, quasi fossero antiche gettate di lava emesse dai crepacci radianti di un vulcano e poscia vetrificate o quasi fosforizzate, sicchè oggi non ne rimanga se non la traccia luminosa.

Tali segni non vanno poi per nulla confusi colle numerose *scanalature* (*Rillen* dei Tedeschi, *rainures* dei Francesi, *rills* o *clefts* degl'Inglesi), crepacci o meglio forse canali

(1) Giova però avvertire che tale ragguaglio non è perfettamente giusto. L'altitudine delle montagne terrestri si riferisce al piano del mare; quella delle montagne lunari si riferisce alla pianura più prossima. Ora, siffatte pianure non corrispondono se non di nome ai nostri mari, quando non si volesse assomigliarle ai loro fondi asciutti. Ond'è che per rendere ragionevole il confronto, è necessario paragonare le altezze delle montagne lunari con le differenze di livello fra le cime delle nostre montagne e i fondi degli oceani più vicini. In tale caso il Gaurisankar, riferito all'abisso maggiore del mare Pacifico, apparirebbe alto circa 17 mila metri, cioè la 700ma parte circa del diametro terrestre.

(2) Vedi il prospettino a destra in basso della nostra **Carta della Luna, Tav. VII, dell'Atlante.**

(3) Aristarco apparisce generalmente il punto più luminoso in tutta la superficie lunare.

Digitized by Google

stretti, per lo più rettilinei, o pochissimo incurvati, lunghi da 3 a 500 chilom., e che talvolta traversano senza interruzione le pianure, i valli crateriformi, i dossi montagnosi, tal'altra si arrestano a metà di una pianura, o ai piedi di un anello montuoso, o si ripiegano o si dividono in rami più o meno complessi. La loro perfetta regolarità fece dimentichi i primi selenografi delle enormi dimensioni che queste scanalature devono presentare, e li indusse a giudicarle opera della mano dell'uomo: canali, strade e perfino filari d'alberi. In realtà finora essi costituiscono un enigma inesplicabile, o, come avvertono gli astronomi, un accidente morfologico peculiare del nostro satellite. Il loro numero, che saliva nella carta dello Schmidt (1865) a 425, nella mappa lunare della *British Association*, nel 1876 ammontava al migliaio e viene accresciuto annualmente. Un esempio di tali *scanalature* può essere offerto dalla figura posta in basso a sinistra nella nostra **Tavola VII**, e precisamente dalle due striscie nere che convergono in *Higinus*.

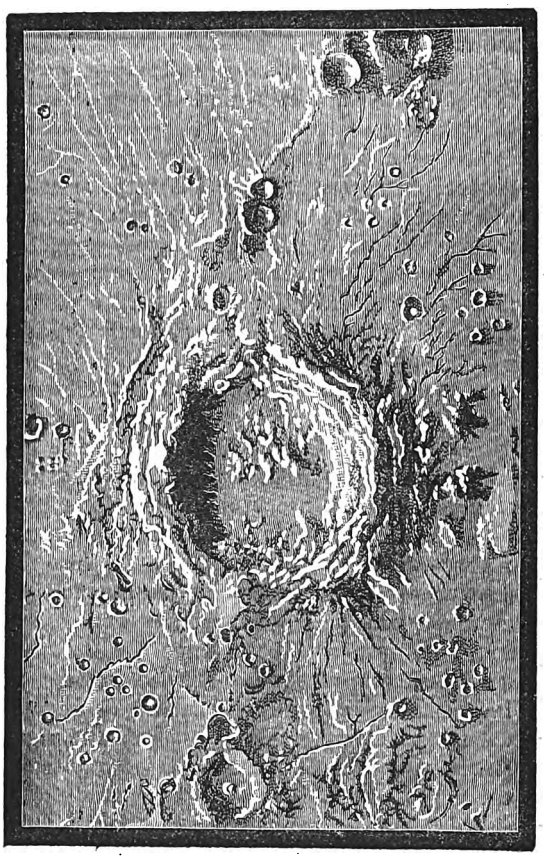


Fig. 162. — Vallo di Copernico (da una fotografia lunare).

Del resto, pur prescindendo dalla diversa illuminazione lunare, in generale, sia a motivo delle varie condizioni della nostra atmosfera, sia per le influenze prodotte dagli strumenti o dall' apprezzamento personale, le riproduzioni grafiche dei varî tratti della morfologia lunare riescono sovente diverse da disegnatore a disegnatore, anche se esperti e diligentissimi. Gli è perciò che allorquando perviene l'annuncio di una *variazione* avvertita sulla superficie lunare, gli scienziati sono molto riguardosi prima di accettarla come cosa sicura.

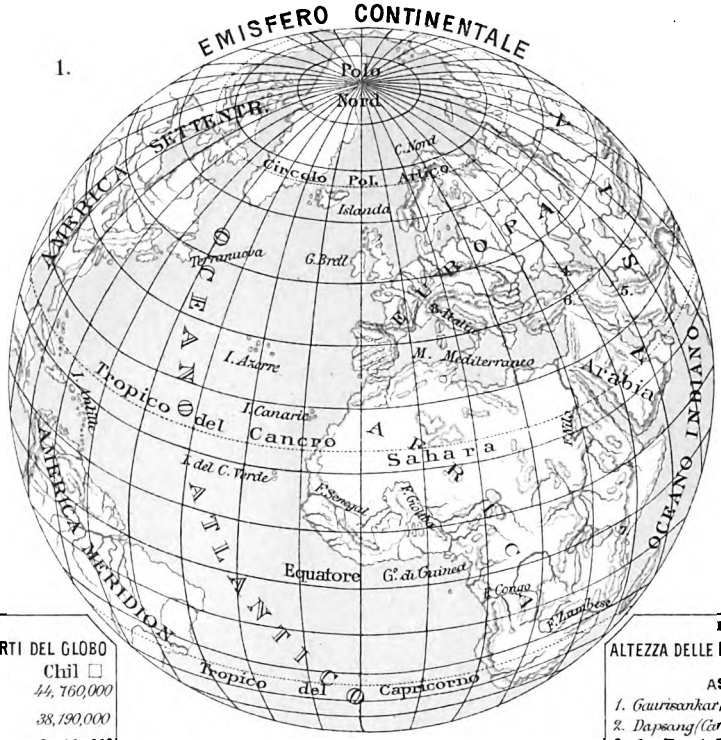
Già l'Evelio, l'Herschel ed altri aveano osservato, intorno ad Aristarco, siffatti fenomeni luminosi da indurli a ritenere che tale cratere fosse un vero vulcano in piena attività. Ma a questi e ad altri consimili fenomeni si diedero a volta a volta spiegazioni plausibili, senza ricorrere ad eruzioni vulcaniche, ovvero contro le ipotesi basate sopra una teoria vulcanica qualsiasi insorsero tali obiezioni da infirmare quei primi giudizî. Però, tacendo di altre, avvertite già dal Cassini, dall'Herschel stesso e dallo Schroeter nel 1866, il valentissimo Schmidt credette di scorgere una variazione reale nel *mare Serenitatis*. Ivi, dove già dallo Schroeter, quasi un secolo prima, e dal Lohrman e dal Mädler e dallo Schmidt stesso nel 1838 e nel 1843 era stato visto e disegnato il piccolo e profondo cratere di *Linneo*, adesso appariva una macchia bianca senza alcuna forma craterica. Da ciò la illazione che dopo il 1843 quel cratere si fosse disaggregato e riempiuto, in ogni caso sformato. Alla osservazione dello Schmidt altre tennero dietro, riguardanti il cratere *Marius* (oceano delle Tempeste), i due crateri di *Messier* (nel *mare Fœcunditatis*) presso *Higinus* ed altri punti; ma la questione fece ben poco cammino e, come tante altre da noi accennate, è ancora *sub judice*; dacchè gli astronomi si son divisi in due campi, quali accettando, quali respingendo la conclusione che le variazioni accennate entrino nelle serie dei fatti reali e accertati.

Tuttavia, anche respingendo qualsiasi forza endogena, che produca attualmente sulla luna dei fenomeni simiglianti a quelli offerti dai nostri vulcani (coi quali del resto i crateri lunari non presentano completa nemmeno l'analogia delle forme esteriori, come lo dimostrano le figure 163 e 164), le variazioni di alcune accidentalità morfologiche sul

Digitized by Google

Digitized by Google

1.



I

AREA DELLE PARTI DEL GLOBO

	Chil □
Asia	*44, 760,000*
America	*38, 190,000*
Africa	*29,900,000*
Europa	*9, 530000*
Australia e Polinesia	*8, 980,000*
Regioni Polari	*4, 520,000*
Totale terre c.a	*136, 000,000*
" acque c.a	*374, 000,000*

III

ALTEZZA DELLE PRINCIP. MONTAGNE

ASIA	Metri
1. Gaurisankar (Imalaja)	*8840*
2. Dapsang (Caracorum)	*8619*
3. Can-Tengri (Tian-Scian)	*6500*
4. Elbrus (Caucaso)	*5660*
5. Demavend (Elburs)	*5628*
6. Ararat	*5171*
AFRICA	
7. Chilimangiaro	*5700*
EUROPA	
8. M. Bianco	*4810*

2.

AVVERTENZA.— *Le figure 1, 2* ortografica orizzontale, *come del cielo. Le figure 3 e 6 lo rappre* polare, *in iscala notevolmente pi*

I numeri da 1-15, che si trovan alle montagne comprese nella ta

BOLOGNA, LIT. G. WENK

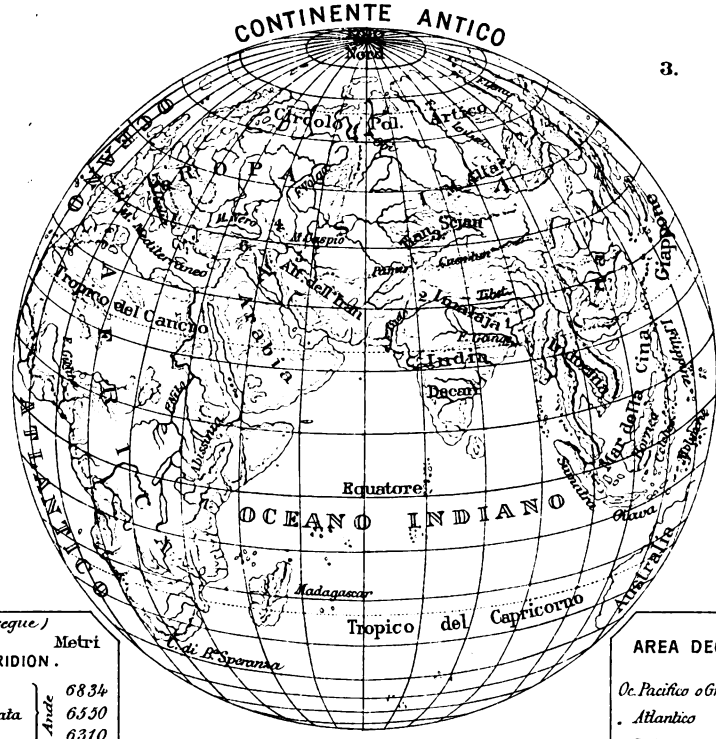
CASA EDITRICE D

Digitized by Google

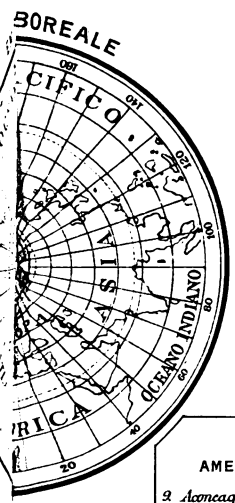
IRRA

I ASPETTI

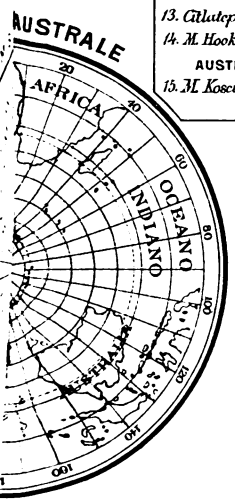
3.



BOREALE



AUSTRALE



III (segue)

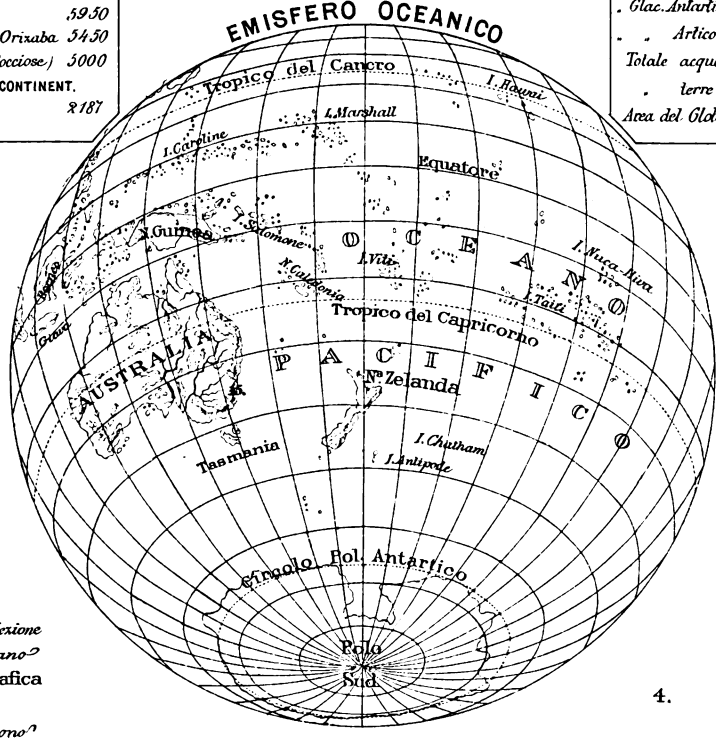
	Metri
AMER. MERIDION.	
9. Aconcagua (Ande)	6834
10. Illampu o Sorata (Ande)	6550
11. Chimborazo (Ande)	6310
AMER. SETTENTRION.	
12. M. S. Elia	5950
13. Citlutepetl od Orizaba	5450
14. M. Hooker (M.te Rocciose)	5000
AUSTRALIA CONTINENT.	
15. M. Kosciusko	2187

II

AREA DEGLI OCEANI

	Chil. □
Oc. Pacifico o Gr. Oc.	175,000,000
. Atlantico	88,600,000
. Indiano	74,000,000
. Glac. Antartico	20,500,000
. . Artico	15,300,000
Totale acque c.a	374,000,000
. terre c.a	136,000,000
Area del Globo c.a	510,000,000

EMISFERO OCEANICO



4.

4 rappresentano il globo in proiezione
sse veduto da un punto lontano
o invece nella proiezione stereografica
la.
e là nei continenti, corrispondono
III.

Digitized by Google

Digitized by Google

nostro satellite si presentano come un fatto assai probabile e quasi necessario. Ogni punto della sua superficie va soggetto all'alternativa di un periodo luminoso, che dura 14 giorni dei nostri, e di una notte pur lunga altrettanto. Dunque un 340 ore di continua irradiazione luminosa e termica solare, seguite

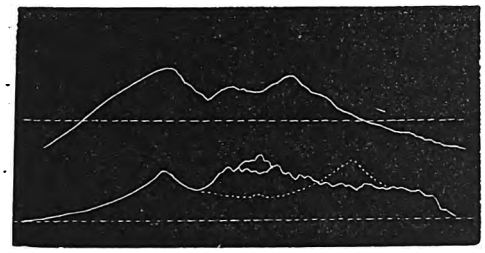


Fig. 163. — Tipi di crateri terrestri. NB. La retta punteggiata indica il livello marino.

da 340 ore di continua dispersione termica, rese entrambi enormi nei loro effetti dall'assenza di un'atmosfera sensibile. Non si può calcolare a meno di 200 o 250 gradi centi-

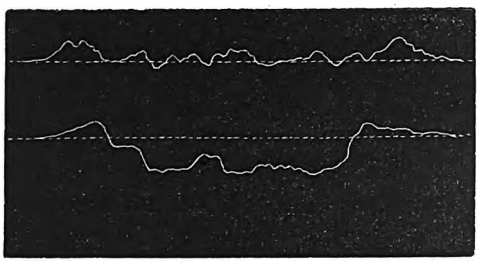


Fig. 164. — Tipi di crateri lunari. NB. La retta punteggiata indica il livello del prossimo piano lunare.

gradi il salto fra le temperature estreme, che per un punto lunare si avvicendano nel periodo di una lunazione. Da ciò, ad un effetto di estrema contrazione, il succedersi di un fenomeno di potente dilatazione, tanto che, attribuendo alle materie lunari gli stessi coefficienti di dilatazione delle comuni roccie terrestri, si può credere che taluno di quei vasti circhi debba subire tali alterazioni nella lunghezza dei loro diametri da potersi valutare a parecchie centinaia di metri. Epperciò ruine, demolizioni e rimaneggiamenti incessanti sulla superficie del nostro satellite. Resta soltanto a cercare se le conseguenze dinamiche che ne provengono possano riuscire apprezzabili per i nostri mezzi di osservazione. Finora la scienza risponde negativamente a tale ricerca, ed è agevole comprenderlo quando si rifletta che un oggetto posto nel centro apparente del disco lunare bisogna che presenti delle dimensioni lineari di 1800.^{m} almeno per corrispondere all'angolo di 1 secondo. Per un osservatore terrestre la disparizione di moli eguali a S. Pietro in Roma o anche alle Piramidi d'Egitto, dalla superficie lunare, passerebbe affatto inavvertita; — difficilmente apprezzabili riuscirebbero quelle di alcune fra le nostre più piccole isole, per es., Panaria o Alicuri nelle Lipari. Non lo sarebbe però una modificazione morfologica pari a quella di recente accaduta tra Giava e Sumatra, per la quale, in seguito alla tremenda eruzione vulcanica del 26 agosto 1883, l'isola di Cracatoa in pochi giorni perdette oltre a 23 chilom. quadrati di sua superficie sommersi sotto l'oceano (1).

La medesima ignoranza ci domina a riguardo dei corpi costituenti il nostro satellite. Tutto fa credere che la luna, sia pure in epoche per miliardi di secoli lontane dalla nostra, si sia staccata dalla nebulosa lenticolare terrestre della quale formava parte. Dunque le sostanze esistenti nel satellite non dovrebbero differire da quelle del pianeta, se non per quelle alterazioni accidentali che possono provenire da diverse condizioni termiche o di pressione o di aggregazione molecolare. Ma quali esse sieno queste alterazioni noi non le sappiamo, dacchè qui l'aiuto della fotografia ci è insufficiente (2), e quello stesso della spettroscopia ci avverte soltanto di quello che già i sensi ci aveano rivelato, cioè che la luce lunare è riflessa dal sole.

Gli studi sul potere riflettente della luna però ci palesarono che le sostanze poste alla sua superficie presentano una tinta oscura, tanto da dar torto ai poeti che il nostro satellite salutano col nome di *astro d'argento*, o che ne esaltano il *candore*. La sua *albedo* (3), secondo lo Zöllner, presenta il valore medio di 0.17, cioè è ben al dissotto di quella dell'arenaria bianca (0.24) ed è paragonabile a quella della marna argillosa (0.16), cioè dev'essere non molto diversa da quella spettante in media al maggior numero delle roccie terrestri. Il suo stesso colore sembra essere giallognolo, e la bianchezza, che presenta allorchè la si vede durante il giorno, proviene dal contrasto colla tinta azzurra del cielo.

(1) Peterm. *Mittheil.*, Anno 1883, pag. 461.

(2) Tuttavia si sa che la fotografia adesso riesce di un enorme aiuto per la conoscenza della topografia lunare. Dalla prima imagine lunare ricavata al dagherrotipo dal Draper nel 1840 a quelle del de la Rue e specialmente del Rutherfurd, in questa parte dell'astronomia pratica i progressi furono notevolissimi.

(3) V. a pag. 100.

Digitized by Google

Parlammo (1) dei varî confronti istituiti fra lo splendore del sole e della luna, arrestandoci ai risultati che ottenne lo Zöllner dalle sue accurate ricerche fotometriche, e secondo i quali la luce della luna piena si può ritenere ben 618 mila volte meno intensa di quella del sole.

Il fatto della riflessione luminosa suggeriva quello di una analoga riflessione di calore. Ma tutti gli sperimenti diretti a comprovare e a determinare il potere di emissione termica della luna, la stella *gelida* per eccellenza secondo gl'Indiani, riuscirono a vuoto, prima di quelli compiuti da Macedonio Melloni nel 1846 (2), che mostrarono anche pei nostri strumenti essere sensibili le differenze di emissione termica in ragione dell'età e dell'altezza della luna. Le indagini e i calcoli del Marié-Davy, di lord Ross, dello Smyth e di altri, giunsero alla conclusione non soltanto che il calore emesso dalla luna cresce a misura che aumenta la porzione illuminata della sua superficie; ma che la quantità di calore solare, riflettuto da essa, è proporzionalmente maggiore che non sia la quantità di luce, sicchè se questa riesce diminuita 618 mila volte, quello lo è soltanto di 82600 volte. Siccome poi i nostri termometri consueti non potrebbero darci un'idea del calore che noi riceviamo dalla luna, se non offrendo dei valori pari a frazioni minime di grado, per farne comprendere l'entità, ricorderemo i risultati di due importanti esperienze. Il Piazzi Smyth, nel 1856, essendo a forte altezza sul Picco di Teneriffa (3716^m), trovava che il calore raggiante dalla luna corrispondeva a quello di una candela tipica posta a $4^m.75$ di distanza. D'altra parte il Marié-Davy trovava che il calore lunare era identico a quello di un disco di ferro, avente le medesime dimensioni apparenti della luna, riscaldato a 100° e posto a $35^m.$ di distanza. Valori da non trascurarsi; ma però sperimentalmente apprezzabili soltanto a mezzo di delicatissimi termoscopî elettrici.

Fra le molte questioni riguardanti il nostro satellite e tuttora insolute, v'è quella della sua atmosfera, e ciò ad onta ch'essa sia stata e sia ancora oggetto di vivissimo interesse e di controversie lunghe ed ardenti. Qualora la luna fosse circondata da un'atmosfera densa com'è la terrestre, non potrebbero sfuggirci le formazioni di nubi e di fenomeni crepuscolari, non le penombre degli oggetti sulla sua superficie; vi si noterebbero degli effetti di rifrazione nelle occultazioni stellari, e di rifrazione e di penombre negli eclissi solari; lo spettroscopio ce ne avrebbe segnalata la esistenza, sia direttamente, sia colla presenza di righe diverse negli spettri ottenuti durante le occultazioni stellari e l'eclissi. Ora, la discussione di un'immensa copia di osservazioni diligentissime diede per risultato di escludere dalla luna la esistenza di un'atmosfera analoga a quella che circonda il nostro globo; mentre ormai una serie non trascurabile di fatti dà diritto a ritenere che la luna *possa* avere un'atmosfera densa circa $\frac{1}{300}$ (1) dell'atmosfera terrestre. Essa dunque non sarebbe affatto insignificante e basterebbe a dar spiegazione di alcuni fenomeni interessanti le apparenze del diametro lunare e il graduale disparire delle stelle in alcune occultazioni, come anche di quegl'intorbidamenti e di quegli oscuramenti nubiformi di recente riscontrati in alcune località lunari, i quali ultimi fenomeni accennerebbero forse alla presenza del vapor acqueo in siffatta atmosfera. E la presenza dell'acqua in esso poi apparisce probabile, se si accettano le deduzioni (veramente ardite) dello Zöllner, che credette di averla segnalata in forma di ghiaccio.

Sulla esistenza di un'atmosfera diversa o per lo meno diversamente densa, pertinente all'emisfero lunare per noi sempre celato, discorremmo. Vero è tuttavia ch'essa non si potè scorgere nemmeno in quella frazione della superficie lunare, che le varie librazioni ad ora ad ora ci mostrano e ci nascondono.

5. Non intendiamo poi in nessun modo di affrontare il problema dell'abitabilità della luna, come quello che eccede i limiti della nostra scienza, ed entra piuttosto nel campo amplissimo concesso ai voli della fantasia, nel regno delle visioni e dei sogni. E pochi cenni facciamo anche intorno all'altro problema che riguarda quante e quali sieno le influenze dalla luna esercitate sul nostro pianeta e sui fenomeni che vi si svolgono (2). Se volessimo

(1) Pag. 73.

(2) *Comptes Rendus de l'Acad. T. XXII*, 1846. pag. 541. Il Melloni era però stato preceduto in ciò da Geminiamo Montanari (*L'astrologia convinta di falso*, Venezia, 1685, pag. 9.), il quale servendosi di una grossa lente avea ottenuto dal calore lunare degli effetti sensibili sopra un termometro « assai delicato di moto ».

(1) Neison, op. cit., pag. 27.

(2) Cnfr. anzitutto Toaldo Gius., *Della vera influenza degli astri sulle stagioni e mutazion del tempo*, Padova,

Digitized by Google

esporre tutte le influenze attribuite al nostro satellite in varie epoche, dovremmo scrivere un'opera tanto voluminosa, ed interessante nelle sue singole parti, quanto poco concludente. Da periodi, in cui era ammessa una decisa e indiscutibile influenza della luna non soltanto sui fenomeni meteorologici e sulle loro vicende, ma sullo sviluppo della vita vegetale ed animale, sui fatti biologici e su quelli persino che avvengono nel campo del pensiero, a molti dei quali alludono tuttavia copiosi proverbi, e motti perpetuati nella bocca del popolo (1), — si passò ad epoche di negazione assoluta, anche degli effetti più ovvî e naturali. Sì la cieca affermazione, come la ricisa negazione, sono probabilmente entrambi nel falso: il migliore sistema è anche in questo caso quello riassunto nel motto: *provando e riprovando,* scelto a divisa dagli Accademici del Cimento, e anche dal nostro secolo. Così vedemmo che adesso è riconosciuto come sensibile l'effetto termico delle fasi lunari; così la marea oceanica fa credere all'esistenza di una marea atmosferica, per quanto le sue oscillazioni vadano perdute nelle variazioni aeree provenienti da altre cause, nè si nega un'azione lunare sull'andamento della pressione barometrica, quantunque sieno contradditorî i risultati delle osservazioni dirette a dimostrarla; così non sembra improbabile quella sui venti, sui temporali, più ancora sullo stato di nubilità del cielo e sulla quantità annua della pioggia. Ma, anche nelle ricerche dirette a dimostrare queste varie relazioni, si ebbero o risultamenti negativi, o nulli, o contradditorî, o incerti, per cui la previsione del tempo non potè trarre nessun profitto dagli studi finora compiuti. Adesso, e specialmente dopo gli studî del Perrey (1847), va accreditandosi fra i dotti il concetto di una relazione tra i fenomeni sismici e vulcanici e i moti lunari; ma essa è tutt'altro che dimostrata. Ben diversamente accertata da tutte queste è la connessione della luna coi fenomeni magnetici, intravvista dal Kreil nel 1839 e confermata dal Sabine a Toronto. Essa a dir vero dà origine ad effetti estremamente piccoli; ma sia che provenga da un proprio magnetismo lunare, sia che si debba considerare quale un fenomeno d'induzione della Terra sul suo satellite e da questo riflesso sul globo, fatto sta che essa risulta dalle concordanze dei giorni lunari, delle lunazioni e del ciclo dei nodi lunari con analoghi periodi nelle variazioni dell'ago magnetico (1). « Questa » conclude il Faye la sua memoria sulla meteorologia cosmica « è la sola influenza sensibile che noi probabilmente abbiamo diritto di attribuire al nostro satellite. Esso ci manda un po' di calore; ma noi non possiamo rilevarne gli effetti che mediante delicatissimi termoscopî. La sua luce esercita un'azione chimica sopra sostanze estremamente impressionabili; ma non contribuisce alla vita in nessuna guisa sensibile. Attrae sì le acque dell'oceano e solleva per conseguenza per l'altezza di un metro circa nel periodo di un giorno e dal fondo la nostra atmosfera; poi attrae questa medesima non però in modo da far variare di più che $\frac{1}{20}$ di millimetro la colonna barometrica. Diminuisce per giunta e periodicamente il peso dei corpi posti alla superficie del globo, ma soltanto pel valore di 1 diecimilionesimo. Da ultimo fa variare due volte al mese di 0.000012 la forza magnetica della Terra ».

Le altre influenze lunari sul mondo organico, uscite dal campo dell'astrologia ed entrate dapprima in quello della ciarlataneria, appena da poco tempo son passate in quello delle ricerche serie e scientifiche. Ma siccome ancora a loro riguardo non potremmo dire nulla di certo, alle congetture e alle ipotesi preferiamo il silenzio.

Nessuno vorrà dubitare della nostra parola se adesso affermeremo che la scorsa ideale attraverso gli spazî stellati, negli enigmatici e remoti abissi delle nebulose o in quelli assai più prossimi, ma poco meno ignorati, delle comete, sulla vasta sfera del sole, nei campi interplanetari e da ultimo nel sistema che la Terra e il suo satellite formano nella danza

Seminario, 1797; poi SCHMID E. E., *Lehrbuch der Meteorologie*, Leipzig, Voss, 1860 e la ricca bibliogr. del soggetto che ne dà a pag. 109 e seg. Per la relazione fra la luna e i fenomeni biologici V. LOMBROSO CES., *Pensiero e meteore*, Milano, Dumolard, pag. 10, 69, 78, ecc. In generale v. FAYE. *Sur la météorologie cosmique* in *Ann. du. Bureau des Long. pour l'an* 1878; — CELORIA, *La luna*, pag. 80 e seg. Di recente la bibliografia del soggetto si arricchì di molti lavori del Serpieri, del De Rossi, del Grablovitz. del Van der Stok, ecc. ecc.

(1) Si badi solo al *seleniacos* dei Greci, *lunaticus*, *lunatico, lunatique*, *lunatic* dei Latini, degl'Italiani, dei Francesi e degl'Inglesi, al *Mondsuchtig* e al *Mondig* dei Tedeschi, e si dovrà riconoscere una specie di consenso popolare generale nell'ammettere un'azione della luna sui cervelli, confermato dall'*halal* ebraico, che significa ad un tempo *demenza* e *luna*.

(1) Si voleva estendere tale relazioni anche agli eclissi lunari e solari. Il chiarissimo P. Denza da 13 anni di studio attento e diligente di tale questione, venne indotto a concludere che « *non vi ha alcuna connessione fra gli eclissi e il magnetismo terrestre.* » V. *Bollettino mensuale dell'Associaz. Meteor. ital.*, Genn. 1883., pag. 5.

Digitized by Google

dei mondi, scorsa compiuta quasi ad introduzione dello studio del globo, non ci sia sembrata a volte oltremodo lenta e minuziosa, a volte rapida troppo, paragonandola all'attraenza e al valore dei soggetti che ci sentimmo obbligati ad esporre. Certo è che all'indugio potremmo addurre unica scusa la coscienza di quanto tali argomenti sieno vitali per lo studio geografico e ad esso strettamente collegati, qualora non volessimo aggiungerle il fascino irresistibile, chè, reluttanti, c'imponeva di trattenerci a lungo intorno a quelle, che senza tema di essere smentiti, si possono vantare fra le più cospicue e le più vere conquiste del pensiero umano.

Se la penna e la lingua avessero pienamente corrisposto al concetto, forse ci saremmo permessi con arditissima frase d'intitolare questa prima parte del nostro lavoro: *un inno alla scienza*, inno efficace per cifre e per linee, non sonoro pel metro o per la rima.

Ma di esso per ora basti. Nuovi argomenti ci stanno davanti, forse meno ardui, ma del pari meno affascinanti. Per essi anche il linguaggio nostro dovrà discendere dall'altezza, alla quale talvolta tentammo spingerne il volo; — e, quasi a contrasto, ci sarà spesso giuocoforza rinunciare a quel sussidio di cifre, che colla squisita esattezza e colla concisione compensano a larga mano l'aridità delle apparenze e la rigidezza delle forme.

Anche nel nuovo campo ci segua indulgente il giudizio del dotto e benevola l' attenzione di tutti (1).

(1) Nel chiudere la prima parte di questo volume adempiamo a un debito di gratitudine, porgendo pubbliche grazie all'egregio collega nostro, prof. Giuseppe Lorenzoni, astronomo e direttore dell'osservatorio di Padova, che ci giovò sovente di consiglio e di notizie.

Digitized by Google

GEOGRAFIA FISICA[1]

LIBRO I

CONTINENTI ED ISOLE

CAPITOLO I.

ARMONIE TERRESTRI [2].

« Il n'y a pas un trait fondamental dans le relie de la Terre qui ne soit un trait de géometrie ».
JEAN REYNAUD, *Terre et Ciel.*

1. Non crediamo nostro còmpito di svolgere ad una ad una le varie ipotesi messe avanti affine di esplicare la genesi del nostro globo, seguendo le varie vicissitudini, per le quali esso dev'essere passato, fino ad assumere la forma che attualmente presenta.

(1) FONTI. **Bibliografia.** — ENGELMANN WILHELM, *Bibliotheca geographica,* Leipzig, Engelmann, 1858; — DE-SAINT-MARTIN VIV., *L' Année géographique, revue ann.*, 1.e Série, 1862-1876, Paris. Hachette; — MAUNOIR, C. *et* DUVEYRIER H., idem, 2.e Série, 1876, 1877, 1878, ibidem; — poi le rassegne bibliografiche pubblicate nei principali periodici geografici e negli Atti, o Bollettini o Memorie delle varie Società geografiche.

Opere generali. — Oltre quelle dell' HUMBOLDT, del MARMOCCHI, del VON KLOEDEN, del MÜLLER, dell' HANN, HOCHSTEITER e POCKORNY, citate a pag. I, nota I, cnfr.: PINKERTON J., *Géographie moderne,* ecc., *trad. de l'anglais par* WALCKENAER (C. A) ecc., Paris, Dentu, Ann. XII, 1804; — KANT EM., *Geografia fisica, trad. da* AUG. ECKERLIN, Milano, Silvestri, 1807-1811 (opera postuma); — id., *Manuale della geografia fisica,* Milano Silvestri, 1813; — RITTER C., *Die Erdkunde im Verhältniss zur Natur.* ecc., Berlin, 1832; — BALBI EUGENIO, *Gea,* Trieste, 1854-55; — LARDNER *dr.* DIONIGI, *La Terra sotto l'aspetto geogr., geolog. e fisico, trad.* di OMBONI G., FERRARI G., e FERRINI R,. Milano, Dr. Fr. Vallardi, 1860; — SOMMERVILLE MARIA, *Geografia fisica,* 3.ª ediz., Firenze, Barbera, 1868; — HUMBOLDT, *Tableaux de la Nature, trad. par* F. HOEFER Milan, Turati, 1858, — BOCCARDO GEROLAMO, *Fisica del globo* ecc., Genova, tipogr. dei Sordomuti, 1868; — PESCHEL OSC., *Physische Erdkunde, bearb. und herausgeg. von* GUST LEIPOLDT, Leipzig, Duncker ed Humblot, 1879-80; — id., *Neue Probleme der vergleich. Erdkunde,* Leipzig, 3.ª ediz., 1878; — id., *Abhandlungen zur Erde und Völkerkunde, herausgeg. von* J. LÖWENBERG, Leipzig. 1877-78; — RÉCLUS ÉLISÉE, *La Terre* 3.ª edit., Paris, Hachette, 1875; — HUGUES LUIGI, *Corso di geografia fisica,* ecc., Torino, Loescher, 1882; — WAGNER H., *H. Guthe's Lehrbuch der Geographie neu bearbeitet,* 5.ª ed., Hannover, Hahn. 1882 e1883; — HAECKEL ERN., *Histoire de la Créat. des êtres organ. d'après les lois natur., trad. par* LETOURNEAU, Paris, Reinwald, 1874; — LYELL CHARLES, *Principles of geology,* X edit., London, Murray, 1868; — GEIKIE ARCHIBOLD, *Text-book of geology,* London, Macmillan, 1882; — STOPPANI ANT., *Corso di geologia,* Vol. I, *Dinamica terrestre,* Milano, Bernardoni e Brigola, 1871; — COTTA BERN., *Die Geologie der Gegenwart,* 2.ª ediz., Leipzig, Weber, 1867; — LAPPARENT *(de)* A., *Traité de Géologie,* Paris, Savy 1883; — HELLWALLD *(von)* FRIEDRICH, *La Terra e l'uomo trad. da* G. STRAFFORELLO, Torino, Loescher, 1878; — id. *Die Erde und ihre Völker,* 3.ª ed., Stuttgart. Speman, 1883; — SECCHI P. ANGELO, *Lezioni elementari di fisica terrestre,* Torino e Roma, Loescher, 1879; — MAURY M. F., *Geografia fisica ad uso della gioventù e degli uomini di mondo,* Milano. Treves, 1867; — GEIKIE-STOPPANI, *Geografia fisica,* Milano, Hoepli, 1876.

Pubblicazioni periodiche. — BEHM *Dr.* E., *Geograph. Jahrbuch.,* I-IX Gotha, Perthes, 1866-1882; — KETTLER, *Zeitschrift für wissensch. Erdkunde,* Lahr in Baden, Schauenburg, Anni I-IV, 1880-83; — PETERMANN'S, *Geogr. Mittheil.,* Gotha, Perthes,, 1855-1884; — CORA G., *Cosmos,* Torino, 1873-1884; — e finalmente le pubblicazioni periodicge delle principali società geografiche del globo, ecc.

Atlanti. — BERGHAUS *dr.* HERM, *Physikalischer Atlas,* Gotha, Perthes, 2 ediz. 1872; — id. *Physikalische Wandkarte der Erde,* Gotha, 1874; — TRAUGOTT BROMME, *Atlas zu Humboldt's Kosmos,* Stuttgart, Krais et Hoffmann, 1861; — STIELER ADOLPH, *Handatlas, über alle Theille der Erde* (95 carte), ecc, Gotha, 1879-82; — ANDREE RICHARD, *Allgemeines Handatlas, in* 85 *Karten,* Bielefeld und Leipzig, Velhagen und Klasing. 1881; — SYDOW *(von)* HEINR., *Methodischer Handatlas für das wissensch. studium der Erdk., rev. bis* 1879, Gotha, Perthes, 1879; — KIEPERT H. WEILAND C. F., GRAF C. *ed* A., BRUHNS C., DELITSCH O., *Grosser Handatlas des Himmels und der Erde,* 46 ediz., Weimar, 1877; — BERGHAUS *Dr.* HERM., *Chart of the Wordl,* X ediz., Gotha, Perthes, 1882.

(2) KANT IMANUEL, *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, ecc., Königsberg, 1755; — LAPLACE, *Exposition du système du monde,* Paris, An. IV. 1796, *Note* VII, e in *Annuaire du Bureau des long.,* 1867, pag. 434.

BEHM *u.* WAGNER, *Die Bevölkerung der Erde.*I -VII. 1872-1882 e specialmente il VI. 1880; — STRELBITSKY J., *La superficie de l'Europe,* S. Petersbourg. 1882; — STREFFLEUR, *Entstehung der Continente und Gebirge,* Wien, 1847; — SYDOW. *Begleitworte zum Wand-Atlas über alle Theile der Erde; Erdkarte;* IV Auflage, 1858, Gotha, Perthes; — Id. *Grundriss der allgem. Geogr.,* Gotha, Perthes, 1862 — MALFATTI, *Le isole*, in *Scritti geograf. ed etnografici,* Milano, Brigola, 1869, pag. 135 e seg.

Digitized by Google

Tuttavia non ci è permesso dissimulare come la più accreditata fra esse ci sembri ancor oggi quella, che esposta dapprima dal Kant, poscia essenzialmente modificata, fu svolta e appoggiata con molteplici argomentazioni di meccanica e di fisica celeste dal Laplace, e che adesso è nota generalmente sotto il nome di *teoria cosmologica gasosa*.

Secondo essa, il sole, i pianeti e i satelliti e probabilmente le comete si sarebbero formati in seguito alla condensazione di una nebulosa unica, estesa ben oltre l' orbita di Nettuno, e dominata da un moto di rotazione intorno al proprio asse. I freddi dello spazio etereo dovevano avere per effetto di condensarla; la condensazione quello di aumentarne la velocità di rotazione; questo aumento doveva condurre al distacco di anelli equatoriali dalla nebulosa, onde la formazione dei varî corpi planetarî. Gli accenni fatti qua e là nel corso dell'opera a questa teoria, ci dispensano adesso dallo svilupparla maggiormente. Certo è che essa permette di ritenere come assai probabile un processo evolutivo graduale, per cui ogni corpo celeste sia passato dallo stato estremamente tenue di gas o forse di materia radiante a quello estremamente compatto dei solidi più pesanti. I passaggi da stato a stato devono aver avuto luogo a periodi assai lenti e prolungati, in modo però da dar origine ad alcune grandi fasi, come la stellare, nella quale tuttora si trova il nostro sole; la planetaria, variabile essa stessa tra uno stadio simile a quello in cui vedemmo trovarsi tuttora i pianeti maggiori, e lo stadio in cui si trovano i pianeti minori; finalmente la fase lunare, in cui la solidificazione è completa e le sostanze liquide od aeriformi sono state assorbite completamente o quasi.

La nostra Terra traversa adesso appunto questa seconda fase planetaria, in cui il raffreddamanto e la condensazione poterono arrivare al punto di formare una crosta solida intorno ad essa, tanto grossa ormai da non permettere emissioni termiche e luminose dal suo interno. D'altro lato, in seguito alla parziale solidificazione della crosta, sopravvenuta la precipitazione del vapore acqueo sospeso nella densa atmosfera terrestre primordiale, ecco derivata la formazione della massa oceanica concorsa a riempire le parti più depresse della superficie; mentre l' involucro atmosferico, reso meno denso e più trasparente, circonda tuttora e circonderà per miliardi di secoli la Terra, allietandola di vegetazione e di vita. Tutto però fa credere che proseguendo la concentrazioue, verrà tempo in cui le due masse, sì l' atmosferica diffusa all'intorno, qnanto la liquida già limitata a porzione della superficie, finiranno assorbite dalla sfera solida, e allora il nostro globo si ridurrà silenzioso e morto, esposto a formidabili alternative di calore e di freddo, di luce e di tenebre, senza trapassi, senza penombre, simile in tutta al satellite che gli gira d'attorno.

Ma adesso la Terra è ancora ben lontana da quell'epoca. Ancora non soltanto uno spesso strato aereo la ricinge uniformemente all'ingiro per non trascurabile altezza, non soltanto la maggior parte della sua superficie è scoperta dalle acque; ma tutto ci induce a credere che neanche la totalità del suo interno non abbia assunto quello stato solido, in cui si mostrano i materiali che ne costituiscono la crosta superficiale, anzi che esso, in parte considerevole, si trovi in uno stato critico semifluido, qual' è quello che avemmo talvolta occasione di accennare esistente nel sole o in taluno dei pianeti superiori, e probabilmente quello che anche a riguardo della Terra, precedette il suo stato attuale.

Anzi uno studio accurato sulla densità media terrestre paragonata con quella della sua crosta, sullo schiacciamento polare e sulle perturbazioni che ne derivano permette di

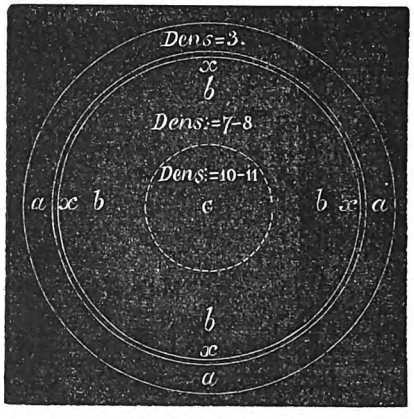


Fig. 165. — Sezione ideale del globo terrestre.
a = involucro esterno (densità=3)
b = massa pastosa o solida intermedia (dens.=7-8)
c = nucleo centrale (dens.=10-12)
x = zona incerta allo stato di fusione.

ritenere bensì come assai probabile la esistenza di un nucleo interno compatto, denso al pari dell'argento (10.5) o forse del piombo (11.4), circondato da una massa pur so-

Digitized by Google

lida o pastosa pesante come il ferro (7.0-7.5) o pressapoco; ma le fa seguito una zona assai più leggiera, paragonabile in peso al granito od al cristallo (3.0 circa) e pur segregata dal secondo nucleo pastoso mediante uno strato assai esile, ma non trascurabile, a temperatura altissima, in istato di fusione e di agitazione continua, sede probabile dei fenomeni vulcanici e sismici e in genere delle cause di dislocazioni locali. La mancanza di ogni indizio che lo strato fluido subisca dei fenomeni di flusso e riflusso solare o lunare è una prova della sua piccola grossezza; mentre assegnando un migliaio di chilometri circa, cioè suppergiù $^1/_6$ del raggio, allo spessore della sfera cava superficiale che costituisce la crosta solida, si soddisfa egregiamente alle altre condizioni in cui, come dicemmo, si trova la Terra. Tranne quanto ora esponemmo, nulla poi ci dà diritto a ritenere non omogenea la distribuzione e la densità dei materiali, che costituiscono il nucleo centrale del globo. Essi devono probabilmente esser disposti soltanto secondo le leggi della gravità. Invece, laddove comincia la crosta esteriore a partire dallo stato fluido, ivi i contrasti di un' enorme pressione e di un'enorme temperatura, cause ed effetto di molteplici associazioni e dissociazioni chimiche, devono rendere la zona superficiale terrestre, oltre ogni dire e senza tregua, mutabile, e per conseguenza grandemente svariata nel suo modo di essere.

Qualora poi si tenga conto del diuturno probabile contrarsi del globo, degli eventuali, per quanto tenui, spostamenti delle sue linee astronomiche, asse, equatore, circoli tropici e polari, dei continui cangiamenti di volume delle roccie in seguito alle mutazioni periodiche di temperatura, e in genere delle molteplici azioni rimaneggiatrici esercitate dagli agenti esteriori, cominciando colle attrazioni dinamiche e terminando colla vita vegetale ed animale, si avrà ragione prima di tutto della variissima distribuzione dei materiali nello strato superficiale, e poscia dell'originarsi d'infinite pieghe e ripieghe, e seni e sporgenze, e incavature e aggetti sulla sua superficie esteriore, la sola parte che a noi sia visibile e nota. È precisamente tale immensa, quasi inesauribile, varietà di forme superficiali, che fornisce il soggetto principale, se non unico, della geografia, ed unico di quella sua parte, che appunto è nota sotto il nome di *morfologia terrestre*, quasi la scienza che si occupa della configurazione superficiale del globo. Ricercare la genesi di tale configurazione, voler conoscere la costituzione dei materiali di cui è formata la parte interna sia pure limitata alla zona superficiale, non sono suoi proprî uffici. Essa può soltanto occuparsene per meglio conoscere la natura dei fatti che sono materia alle sue ricerche. Già le semplici linee che provengono soltanto dalla diversa distribuzione dei varî stati della materia, le forniscono argomento copiosissimo di studio.

2. Nella genesi dell' attuale forma terrestre, come tentammo di abbozzarla a grandi linee, v' è un punto del problema ancora controverso per gli astronomi, come pei geologi, che se ne occuparono. Ed è quello che riguarda il trapasso dalla omogeneità alla varietà, del materiale costituente la Terra. L'azione delle forze dinamiche, termiche, luminose, magnetiche, esteriori, le sole che nell'epoche primordiali potevano avere influenza sul globo, doveva presentarsi uniforme, donde l'uniformità, o per lo meno una tal quale simmetria negli effetti, quando all'azione unica centrale della nebulosa primitiva venne a sostituirsi quella di altri agenti esteriorî. In una parola, la conoscenza del cosmo e la idea che nelle sue linee generali e nelle sue leggi domina una tal quale rigidità geometrica, ingenerano naturalmente la coscienza che una medesima armonia geometrica debba regnare nella distribuzione della materia sul globo, nella sua morfologia superficiale.

Forse da un' analoga speculazione, per quanto meno fondata sui fatti, proveniva la idea di una specie d'armonia sistematica, di un rapporto numerico convenzionale, che induceva i geografi degli ultimi tempi pagani e dei primi tempi cristiani, a riassumere la figura dell' abitabile nel concetto dell' *orbis triquetrus* (triangolare), sostituito poi da quello della *terra quadripertita* (quadrangolare), e in pieno medio Evo dall'altro concetto ancora delle forme *orbiculari* o *discoidali*. Adesso siffatto convenzionalismo è tramontato per sempre; dacchè i viaggi scentifici, i numerosi rilievi topografici estesi a tutto il globo, e la progredita arte cartografica ci resero possibile di avere sott' occhio esattamente raffigurate tutte le linee che segnano la separazione tra le masse solide e le liquide sulla superficie terrestre.

Anche la questione della proporzione, secondo cui sulla superficie terrestre appaiono

Digitized by Google

scompartite le masse asciutte e le sommerse, sorta nei secoli addietro, appena adesso si può dire risolta con una relativa approssimazione. Mentre pei cosmografi del secolo XV e per lo stesso Colombo, i mari occupavano appena $^1/_7$ della superficie del globo, nei secoli seguenti le acque e le terre parvero distribuite con misura quasi eguale, ed è appena nel nostro che si conobbe come le superficie acquee sieno distese sopra spazi da tre a quattro volte maggiori delle aree occupate dalle terre emerse. Quindi si manifestò una tendenza opposta, cioè quella di esagerare alquanto la estensione delle parti acquee a scapito delle asciutte. Così, per es., mezzo secolo addietro, il Balbi (1), che con abbastanza retta valutazione giudicava la superficie complessiva del globo pari a 511 milioni di chilom. quad., ne assegnava appena $^1/_4$, cioè soltanto 129.6 milioni, alle terre, e 381.4 milioni alle acque. Adesso il rapporto si ritiene alquanto diverso, seguendo le più accreditate valutazioni. Arrottondando a **510** milioni la superficie terrestre, che, secondo i calcoli del Bessel, noi avevamo trovata eguale a 509,950,714 chilom. quad. (2), all'assieme dei continenti e delle isole si possono assegnare in cifre rotonde (3) **136** milioni, agli oceani e alle loro appendici (l'*acquatilis pars* del Magini) **374** milioni di chilom. quadrati. L'arrotondamento delle varie cifre, oltre che dalla semplicità dell'esposizione, è giustificato anche dalle incertezze che tuttora regnano e sulle esatte dimensioni del globo, e più ancora sulle aree delle sue parti. L'area degli stessi continenti, abitati dalle genti più civili, si conosce soltanto con una larga approssimazione (4).

Accettate le cifre sovra esposte, si scorge che la parte asciutta superficiale del globo è superata di 2 volte e $^3/_4$ dalla liquida, ovvero ch'essa occupa circa i $^{27}/_{100}$ (0.267), mentre questa occupa i $^{73}/_{10^0}$ (0.733) del totale. Esprimendosi all'ingrosso, si può dire che le terre si estendono su poco più di $^1/_4$, i mari su poco meno di $^3/_4$ della superficie terrestre, come risulta dall'esame della figura 166.

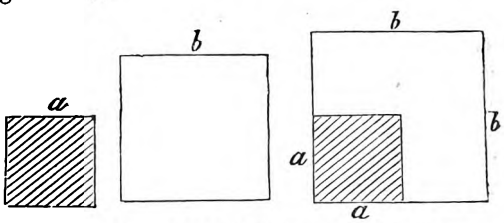


Fig. 166. — Rapporto delle terre e dei mari sulla superficie del globo.

a = terre emerse b = mari.

NB. Le terre sono segnate con tratteggio oscuro.

Senza dubbio una forte diseguaglianza, resa ancora più spiccata dal modo, secondo il quale oceani e continenti appariscono distribuiti sul globo. Un'occhiata al planisfero o meglio, per evitare i falsi apprezzamenti che derivano dalle proiezioni geografiche, un'occhiata alla sfera terrestre, mostra immediatamente come non vi sia uniformità alcuna nella distribuzione dei continenti (1).

Osservate da un astro, le terre sembrerebbero affollarsi attorno al polo nord, che circuiscono con fitta barriera, rotta in due soli punti, per cui le loro masse colassù soverchiano le oceaniche o fanno loro equilibrio fino a metà distanza fra il polo e l'equatore. Dal 45° parallelo, ch'è quello della valle padana, i continenti cominciano a perderla sulle acque (Fig. 168); passato l'equatore poi, queste acquistano una decisa preponderanza e da ultimo l'assoluto dominio sul globo. A 34° 51′ cessa l'Africa, a 43° 30′ arriva la Tasmania o terra di Van Diemen, a 56°, sempre di latitudine meridionale, l'America del sud. In tal modo, alle più alte latitudini meridionali soltanto pochi e meschini arcipelaghi e le nevose e mal definite terre polari interrompono gli sterminati spazi oceanici. Considerando quindi la Terra, com'è divisa in due emiferi dall'equatore, avremo pressapoco la ripartizione seguente:

		chilom. quadr.	per cento
emisfero settentrionale:	terre	97 milioni	38;
» »	acque	158 »	62;
» meridionale:	terre	39 »	17;
» »	acque	216 »	83;

(1) Vedi nell'**Atlante, Tav. VIII, La Terra sotto vari aspetti.**

(1) Balbi Adriano, *Bilancia polit. del Globo, ossia Quadro geografico-statistico della Terra.* Padova, Zambeccari, 1833, pag. 6. Nel *Prospetto politico-geogr. dello Stato attuale del globo* (Venezia, Molinari. (1808) egli s'era più avvicinato al vero assegnando alla parte asciutta circa 131.7 milioni di chil. quadr. Il Fabri da lui citato, nel 1805 presentava un rapporto ancora più basso attribuendo alle terre 127.7 milioni di chilom. quadrati, cioè esattamente $\frac{1}{4}$ dell'intera superficie terrestre.

(2) Pag. 178.

(3) Sec. Behm e Wagner, *Die Bevölk. der Erde,* VII. 1882, tale cifra ammonta a 536,038,872 chil. quadr.

(4) Ad onta delle eroiche epopee dei viaggi polari, ancora rimangono affatto inesplorate due grandi aree, una estesa 6 milioni e $^1/_2$ di chilom. quadrati intorno al polo nord, l'altra estesa 16 milioni e $^1/_2$ di chilom. quadr., intorno al polo sud. Entrambi si assegnano alle parti acquee. — Va aggiunta pure l'immensa estensione delle coste ancora o non affatto o malamente rilevate.

Digitized by Google

cioè un rapporto fra terre ed acque, nel settentrionale come 1 : 1.6, nell'emisfero meridionale come 1 : 5.5. Di più una estensione di terre in quel primo emisfero più che doppia (quasi 2 volte e $^1/_2$ maggiore) che non sia nel secondo (Fig. 167).

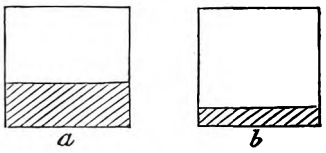


Fig. 167. — Rapporto delle terre e dei mari nei due emisferi boreale ed australe.

a = emisfero boreale *b* = emisfero australe.

Quindi se taluno volesse seguire il rapporto (Fig. 168) fra le terre e i mari nelle varie

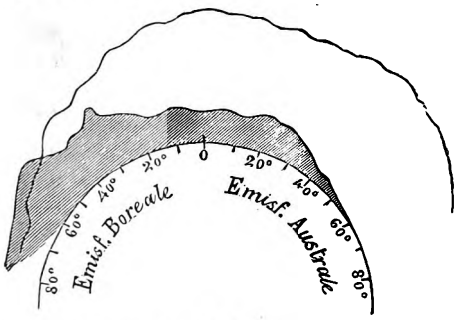


Fig. 168. — Proporzione delle terre e dei mari alle varie latitudini nei due emisferi.

a = emisfero boreale; *b* = emisfero australe.

latitudini, troverebbe delle differenze, notevolissime fra zona e zona terrestre. Le incertezze che regnano sulle estensioni dei varî territorî permettono che abbia soltanto un valore approssimativo la seguente tabella, nella quale abbiamo messo assieme, riassumendola per zone, la distribuzione delle parti emerse e sommerse del globo.

	Superficie in milioni di chilom. quadr. Terre	Acque	Le terre stanno alle acque come
Zona glac. artica	6.0?	15.2?	1 : 2.5?
» temp. »	65.5	67.2	1 : 1.0;
» torr. »	25.5	75.6	1 : 3.0;
» » antart.	24.5	76.6	1 : 3.1;
» temp. »	13.5	119.2	1 : 9.0;
» glac. »	1.0?	20.2?	1 : 20.0.
totale	136.0	374.0	1 : 2.7.

La proporzione della quale discorriamo si presenta abbastanza chiara nella figura 168, dove abbiamo posto a riscontro le estensioni delle terre (segnate col tratteggio oscuro) con quelle dei mari, latitudine per latitudine.

Dunque l'unica zona dove l'acqua e la terra suppergiù si compensano è la temperata settentrionale; in tutte le altre prepondera decisamente, se non in misura uniforme, l'oceano sul continente.

Consideriamo adesso la sfera terrestre da un altro punto di vista. Le parti asciutte del globo qua si disperdono quasi in minuzzoli, là si raggruppano in masse più o meno compatte, più o meno affollate una presso dell'altra. Uno, e senza dubbio il maggiore, agglomeramento di terre è quello che albergò, fra altri, i popoli delle stirpi indo-germaniche e semitiche, dalle quali noi Europei redammo le dottrine e la civiltà e il linguaggio, e con questo anche la necessità di alcune denominazioni almeno in parte convenzionali. Il nome generico di *parti della Terra* adoperato dalle antiche cosmografie (1) per contrassegnare l'Asia, l'Europa, e l'Africa, serve tuttora ad indicare ciascuna fra quelle tre grandi porzioni della parte asciutta terrestre; anzi per analogia si estese ad indicare anche altre massime estensioni emerse, che a quell'antica civiltà non erano note e che si scopersero dappoi.

Ingrandito con queste l'abitabile, quantunque, limitando la considerazione al periodo storico, tutte le terre che attualmente ci si mostrano emerse si possano considerare come antiche del pari, — sempre dominate le menti da quel pregiudizio, che ci fa considerare noi stessi e la plaga terrestre dove nascemmo centro dell'universo, — la scoperta di altre regioni, anteriormente ignorate, fece sorgere la idea di distinguere fra il *mondo Antico* e il *mondo Nuovo*, l'*orbis vetus et novus* dei geografi del secolo XVI, e poscia ancora fra quelli e un *mondo Nuovissimo*, che più accosciamente assunse il nome di *Australia*.

In realtà poi, per quanto le due prime

(1) E ripetuto dalle medievali. A mo' d' esempio Fazio degli Uberti nel sec. XIV cantava:

Questo mondo è in tre parti ripartito
Asia, dico, Africa ed Europa,
Come tu puoi da molti aver udito.
Dittamondo, I, cap. VIII.

Per lui e in generale pei cosmografi cristiani, tale divisione appariva molto acconcia, anche perchè corrispondeva al numero dei figli di Noè.

Or fue partito il tutto, ch'io t'ho ditto,
Dai tre primi figliuoi ch'ebbe Noè,
Come per molti già si trova scritto.
Ibidem, I, Cap. VI.

Digitized by Google

SUPERFICIE DELLE TERRE.

denominazioni possano fornire argomento a censure, la distinzione apparisce anche oggidì opportuna nella morfologia terrestre, dacchè quei tre nomi designano i più vasti agglomeramenti di terre che si trovino sul globo. Segregate e indipendenti da essi, sorgono bensì le terre polari, ma sebbene avvolte ancora in gran parte nel mistero, già si palesano senza confronto più ristrette di quelle, e secondo ogni probabilità maggiormente le australi delle polari.

A dar ragione di quanto dicemmo, esponiamo qui sotto le varie parti del globo, nel modo più acconcio a far risaltare le estensioni dei principali aggruppamenti formati dalle terre emerse.

	Superficie in milioni di ch. q.	Per cento della parte asciutta	Rapp. colla estensione d'Europa
Asia (1)	44.76	33	4.7
Africa	29.90	22	3.1
Europa (2)	9.53	7	1.0
Mondo Antico colle isole	**84.19**	**62**	**8.8**
America Settentrionale e Centrale (3)	20.64	15	2.2
» Meridionale	17.75	13	1.9
Mondo Nuovo colle isole	**38.39**	**28**	**4.1**
Australia (4)	7.71	5.6	0.8
Polinesia (5)	1.27	0.9	0.13
Oceania	**8.98**	**6.6**	**0.93**
Terre Polari artiche (6)	3.86	2.9	0.4
» » antartiche (7)	0.66	0.5	0.07
Terre Polari	**4.52**	**3.3**	**0.47**

Dunque ben 6 decimi delle terre asciutte sono costituiti dal mondo Antico, la estensione del quale supera di oltre il doppio quella del Nuovo, è decupla di quella del mondo Oceanico e venti volte maggiore di quella delle terre Polari.

Ma una osservazione anche elementare della sfera terrestre ci palesa tuttavia qualche altro fatto. Scegliamo per meridiano fondamentale uno fra quelli che toccano minor numero di terre, per es., il meridiano dell'isola del Ferro, e con esso dividiamo il globo in due emisferi.

Nell'orientale abbracceremo interi o quasi i due aggruppamenti del mondo Antico e dell'Australe; nell'occidentale quello del mondo Nuovo. La Polinesia e le terre Artiche andranno inegualmente scompartite fra i due emisferi; ma le piccole estensioni da loro occupate non saranno per alterare di molto i rapporti provenienti dalla distribuzione di quelle grandi masse terrestri.

Sicchè, qualora si accetti per un momento la divisione del globo giusta il meridiano del Ferro, non si va errati di molto ripartendo le acque nel modo seguente:

	chil. quadr.		per cento
emisfero orientale : terre	94	milioni	37;
» » acque	161	»	63;
» occidentale : terre	42	»	17;
» » acque	213	»	83;

il che viene a darci un rapporto fra terre ed acque come 1 : 1.7 nell'orientale e come 1 : 5.0 nell'emisfero occidentale, e per conseguenza una estensione di terre in quell'emisfero più che doppia della estensioni di terre in questo secondo (Fig. 169).

Da ciò una decisa analogia colle proporzioni riscontrate, allorchè prendemmo a considerare la distribuzione delle terre emerse a settentrione e a mezzogiorno dell'equatore. Da un

(1) Esclusa la N.ª Siberia e la terra di Wrangel.
(2) Esclusa l'Islanda e la N.ª Semlja.
(3) Esclusa la Groenlandia e l'arcipelago Artico.
(4) Esclusa la N.ª Zelanda, ma compresevi la Tasmania e le isole adiacenti alla costa.
(5) Costituita dalla Nuova Zelanda, dalla Nuova Guinea e da un gran numero di arcipelaghi dispersi nell'oceano Pacifico, come diremo a suo luogo.
(6) Formate principalmente dalla Groenlandia, dalla Islanda e Jean Mayen, dalla Novaja Semlja, dalle Spitzbergen, dalla terra di Franc. Giuseppe, dalle isole della Nuova Siberia, dalla terra di Wrangel e dell'America Artica.
(7) Cioè la Georgia Australe, le Orcadi e le Shetland Australi, la terra di Graham e la terra di Alessandro, la terra Victoria, la terra di Wilkes, l'isola di Kemp e la terra di Enderby.

Digitized by Google

lato il settentrionale, dell'altro l'orientale sono i due emisferi dove prevalgono gli agglomeramenti della terra, come il meridionale e l'occidentale ci appariscono quei due, dove preponderano decisamente gli oceani.

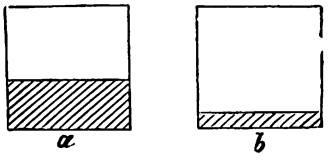


Fig. 169. — Rapporto delle terre e dei mari nei due emisferi orientale ed occidentale.

a = emisfero orientale; *b* = emisfero occidentale.

Le divisioni finora accennate hanno per base le linee dei meridiani e dei paralleli. Ma se noi vogliamo dividere la Terra in due emisferi, tali che uno di essi comprenda la massima quantità possibile di terre emerse e l'altro la massima estensione d'acque, ci è giuocoforza servirci di un circolo massimo non corrispondente alle solite coordinate geografiche. Già il Ritter pensava che uno dei poli di siffatto circolo dovesse cascare presso la costa meridionale dell'Inghilterra, pochi gradi a ponente di Greenwich, e l'altro presso la Nuova Zelanda. Perciò la divisione tra i due emisferi dovrebbe correre lungo le coste orientali dell'Africa, lungo quelle meridionali e orientali dell'Asia e lungo le occidentali delle due Americhe. Da un lato avremo dunque un emisfero *continentale* che abbraccerà le terre Polari artiche e tutto il mondo Vecchio e Nuovo, salvo qualche lembo orientale dell'Asia e qualche lembo occidentale d'America; dall'altro un emisfero *oceanico* sviluppato specialmente intorno al Pacifico e tale da comprendere il continente Australe e, colle grandi isole della Sonda, quelle del Giappone, la Nuova Zelanda, e la maggior parte della Polinesia. Al Berghaus invece sembrava più acconcio che i poli del circolo massimo si trovassero uno nel Tirreno, circa alla latitudine di Napoli ed alla longitudine di Genova, e l'altro a nord-ovest della Nuova Zelanda a 40° sud e a 192° est di Greenwich. Il preferire l'una o l'altra di tali linee divisorie, altera di non molto i risultati, ond'è che, senza sottilizzare gran fatto, si può ritenere che il polo dell'emisfero continentale caschi in quella parte d'Europa che sta fra Londra, Roma, Berlino, e allora troviamo in esso emisfero forse 120 milioni di chilometri quadrati di terre contro 135 di acque. Quindi anche qui non saremo molto lungi dal vero se fisseremo le soguenti proporzioni (Fig. 170):

	terre	acque	totale
Emisfero continentale	47	53	100;
oceanico	6	94	100

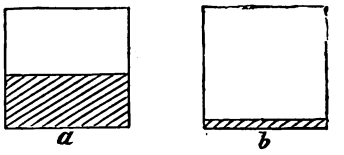


Fig. 170. — Rapporto delle terre e dei mari secondo i due emisferi continentale ed oceanico.

a = emisfero continentale; *b* = emisfero oceanico.

Non è forse nostro còmpito ricercare le cause di questo singolare agglomeramento dei continenti piuttosto in una che in un'altra parte del globo. Qualunque esse sieno, tale dissimetria per sè sola basta a rendere impossibile la coincidenza del centro terrestre di figura col centro di gravità e quindi ad essere a sua volta una causa continua di variazioni morfologiche del suolo. Invece noi Europei si sarebbe indotti ad esagerare la importanza del fatto che il polo dell'emisfero continentale caschi proprio intorno alle regioni più ricche di popolazione e di civiltà, quasi che tale loro collocazione centrale costituisca per sè una specie di posizione privilegiata a favore dei popoli che le abitano. L'antichità delle istituzioni cinesi e indiane, e lo stesso fatto che la civiltà europea precorse la scoperta d'America, cioè aveva potuto svilupparsi in un tempo in cui l'Europa non risentiva vantaggio a trovarsi nel centro, piuttosto che alla periferia degli ammassi continentali, mostrano che talvolta la posizione privilegiata può esser quella della periferia, piuttostochè dei centri, nei grandi agglomeramenti di terre, e che i fattori della civiltà, se pur connessi colla forma della Terra e colla postura geografica, sono costituiti da incognite numerose e varie, nè sempre risolubili.

Va poi avvertito come non si possa negare che tra alcuni fra i punti geometrici dello sferoide e le masse continentali non vi sia una certa relazione. Evitando la pretesa di riscontri matematici, nell'affollarsi che le terre fanno intorno al polo boreale, non è difficile rilevare una tal quale regolarità. Così, per esempio, il circolo polare, o meglio forse il 70° parallelo, lambe tutto in giro gli orli settentrionali dei continenti (Fig. 171); così, cen-

Digitized by Google

trando a circa 80° di latit. settentrionale sul meridiano di Roma, vale a dire presso a poco alle Spitzberghe, con un raggio di circa 45°, la circonferenza, che così si volesse descrivere, verrebbe a passare per le grandi spezzature dei continenti, cioè pel Mediterraneo e pel Caspio, rasente alla catena dei laghi d'Aral, di Balcaš (1) e di Baical, alla insenatura del mare d'Ocotsc, lungo la catena la-

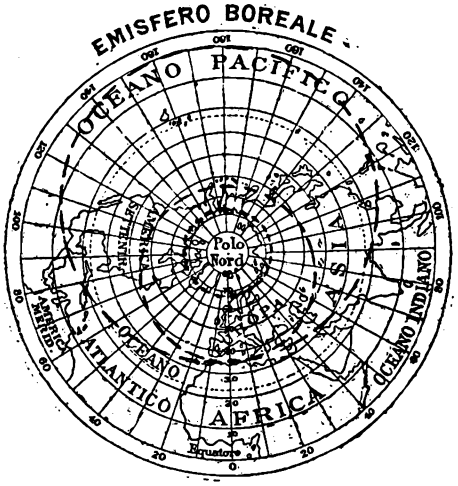


Fig. 171. — Emisfero boreale e suoi circoli di simmetria.

custre dell'America settentrionale e pel golfo di San Lorenzo.

Del pari una grande zona di fratture continentali verrebbe percorsa da una curva descritta con un raggio di 110° e col centro nello stretto di Bering. Essa lambirebbe le coste meridionali del Mediterraneo, e le settentrionali del golfo Persico, taglierebbe nella parte superiore il golfo del Bengala, indi, traversata la penisola siametica, correrebbe per oltre 180° libera sul Pacifico. Una breve interruzione le verrebbe fatta subire dall'America centrale presso a Nicaragua; dopo di che riprenderebbe il mare, e per quello delle Antille e per l'Atlantico, chiuderebbe il suo lungo tragitto allo stretto di Gibilterra. Appena $^1/_6$ di tale lungo percorso sarebbe compiuto traverso le terre, e ben $^5/_6$ traverso le acque.

Se le curve predette seguono per così dire le spezzature più o meno concentriche al polo bo-

(1) Si avverte che ci serviamo del segno š per indicare il suono che corrisponde al francese *ch* o al tedesco *sch* o all'inglese *sh*, e che, se davanti alle vocali *e* ed *i* è rappresentabile dall'italiano *sc* (*sce, sci*), lo è malamente con *sci* davanti ad *a, o* ed *u* (*scia, scio, sciu*) e non lo è affatto in fine di parola.

reale, non manca una certa rispondenza simmetrica dei continenti se ci riferiamo al polo australe. Così, a mo' d'esempio, allontanandoci di soli 10° da esso nella direzione del golfo del Bengala, una circonferenza descritta da tal centro e con un raggio di circa 50°, verrebbe a lambire le coste meridionali dell'Australia, la Tasmania, la terra del Capo e la terra del Fuoco.

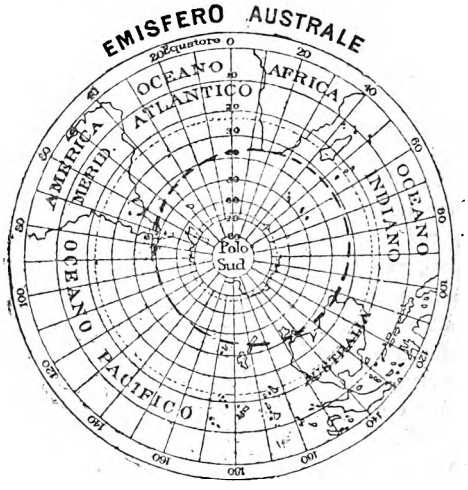


Fig. 172. — Emisfero australe e curva di simmetria fra le estremità merid. dei continenti.

3. Portando poi l'occhio ai varî aggruppamenti di terra, a primo aspetto, piuttosto che l'idea dell'armonia, si presenta quella dei contrasti. Anzitutto v'è un'infinita varietà nelle proporzioni delle masse emerse, dallo scoglio, che i marinai salutano col nome quasi derisorio di *formica* (1), agl'*isolotti*, alle maggiori *isole* e da ultimo alla sterminate asciutte, per poche delle quali il geografo ha ormai riserbato il nome di *continente* (2). Questo stesso nome ebbe le sue

(1) Il nome di *Formica, Formiche, Formicole, Scoglio, Scoglietto* è assai diffuso nel Mediterraneo come nome, sia proprio sia comune in senso di piccole isole non sempre disabitate.

Sono sinomini stranieri del vocabolo *scoglio:* in greco *scópelos*, a cui è fratello il latino *scopulus*. — in spagnuolo *escollo, arrecife*, — in francese *écueil, rocher, estoc, récif*, — in inglese *rok, reef, shelf*, — in tedesco *klippe, riff*, — in svedese *klippó* — nelle lingue slave *scala, scalina, uscali* (boemo), *morski* (croato) e *grebenstjena* (croato), — in rumeno *stinca*, — id ungherese *cöszal*.

(2) Il vocabolo *continente*, sia come qualificativo (*continens terra*), sia come sostantivo (*continens*) era adoperato anche dai Latini, di consueto in contrapposto ad isola. Secondo il Forcellini (*Totius latinitatis lexicon*. T. I., Patavii, 1867) significava, « quella regione che è prossima ad un'isola e non è isola, ἤπειρος dei Greci, *terraferma* degli Italiani ». Generalmente veniva adoperata come *terra ininterrotta*, per alcuni *circondata*. per altri *non circondata* (!) dal mare. Del resto la maggior parte dei Dizionari, geografici o no, nel definire *continente* ed *isola* e nel distinguerli una

Digitized by Google

fortune, tanto che forse nemmeno oggidì l sua significazione sembra definita in modo decisivo. Lo si adoperò spesso in contrapposto di isola e quindi in un senso equivalente a quello nel quale i Veneziani c'insegnarono ad adoperare il vocabolo *terraferma;* — ma lo si usò anche in contrapposto di penisola e per designare una certa estensione compatta di territorio. Senonchè per i geografi del secolo XVI il nome di continente era parso opportuno a contraddistinguere le due massime estensioni non interrotte di terre che costituiscono i nuclei del mondo Vecchio e del mondo Nuovo, Asia, Africa, Europa da un lato, le due Americhe dall'altro, e ad esse aggiungevano poi soltanto un ipotetico *continens Australis* o *Magellanicus*.

Essi basavano tale loro distinzione probabilmente sull'elemento unico delle dimensioni, piuttosto che su quello di un carattere di individualità diversa e spiccata, riscontrato nei due continenti conosciuti, a paragone delle isole. Ora, quantunque si debba convenire che sull'elemento non sostanziale della grandezza non si possa basare una seria classificazione di fenomeni o di accidentalità geografiche, tuttavia, nel caso attuale, e riconoscendolo come un fattore indiretto di differenze fisiche reali, si deve attribuirgli un certo valore nella distinzione in tal guisa fissata tra continente ed isola.

Qualora noi per *isola* (1) accettassimo la semplice, ma vieta e difettosa definizione che ci presentava tale accidente geografico soltanto come *una porzione di terra circondata dal mare* (1), davvero non sapremmo distinguerla da *continente*, e questo ci parrebbe una grande isola, quella un piccolo continente, dacchè entrambi emergono dalle onde. Nè potremmo meglio accettare la definizione acuta, ma transitoria, fissata dal Kant, che chiamava isole « quelle terre emerse che l'uomo avea potuto navigare intorno intorno, continenti quelle il cui giro non era stato ancora compiuto da nave veruna ». Con tale criterio ormai, dopo il celebre periplo del Nordenskiöld, che nel 1878 e 79 percorse l'ignoto oceano Boreale dall'Atlantico al Pacifico, l'Antico, cioè il maggiore fra tutti, avrebbe perduto il suo carattere di continente, rimasto soltanto e in modo incerto, all'America, e avrebbe assunto quello di isola.

Invece, accettando la definizione del Guthe-Wagner, secondo la quale col nome di isola si debbono abbracciare *quei minori tratti di terra, che anche nel loro interno risentono la influenza, specialmente climatica, del mare da cui sono circondati*, la distinzione tra isola e continente riesce più sicura. L'elemento della grandezza non è dimenticato; ma ad esso è assegnato un giusto valore.

Per comprendere agevolmente il fatto, diamo un'occhiata alle dimensioni che presentano i continenti in contrapposto alle maggiori isole (Fig. 173 e 174):

		Superficie in chilometri quadr.
	Europa (senza le isole) . .	9,060,000;
	Asia » » . .	42,110,000;
	Africa » » . .	29,280,000:
I.	CONTINENTE ANTICO . . .	80,450,000;
	America Sett. (senza le is.)	20,032,000;
	America Mer. » »	17.604,000;
II.	CONTINENTE NUOVO . . .	37,640,000;
III.	CONTINENTE AUSTRALE . .	7,620,000;
IV.	GROENLANDIA	2,170,000;
V.	NUOVA GUINEA	786,000;
VI.	BORNEO	734,000;
VII.	MADAGASCAR	592,000;
VIII.	SUMATRA	430,000;
IX.	NIPPÒN (GIAPPONE) . . .	225,000;
X.	GRAN BRETTAGNA, senza le isole adiacenti	218,000 (2).

dall'altra o si basano sul criterio della grandezza o fanno dei circoli viziosi, come quello del Marmocchi (v. la nota qui appresso) o come il seguente della *N.ª Encicl. popol. ital.*, Torino, 1858 (alla voce *Continente*); « Vasta estensione di terra senza soluzione di continuità e circondata da ogni parte dell'Oceano, la cui ampiezza è tale da essere superiore a quella di qualunque delle maggiori isole ». Il criterio della grandezza che distingue un accidente geografico dall'altro traspare anche dai seguenti versi del Filicaia:

> « Al ligure Nocchier
> Gran *Continente*, contra il ver, già parve,
> Quella che pria gli apparve
> *Isola* ingannatrice ».

Del resto il vocabolo *continente* venne accettato in tutte le principale lingue europee, accanto e quello di *terraferma, tierrafirme* (spagn.), *terre ferme* (franc..), *festland* (ted.), e sempre in contrapposto ad isola, talvolta, come nel caso degl'Inglesi, adoperato a designare un determinato continente, l'Europa, in contrapposto di una determinata isola, o di un determinato arcipelago: quello della Gran Brettagna.

(1) Al vocabolo *isola* corrispondono il greco *nisos*, il latino *insula*, lo spagnuolo *isla*, il portoghese *ihla*, il francese *île, îlot*, l'inglese *isle, island*, il tedesco *insel*, sostituito all'antico *eiland*, l'olandese *eyland*, l'anglosassone *eage, igeoth, england*, il frisone *oge*, lo svedese *ö, oe, ön, holm*, l'islandese *ey, holmi*, il lettico *sala*, il finlandese *saari, salo*, il lappone *suolo*, il russo ed il boemo *ostrov*, il polacco *wispa*, il croato e lo sloveno *otoc*, l'ungherese *sziget*, l'ebraico *hi*, l'arabo *gezireh*, il turco *ada* e *gezireh*, il berber *tacsirt*, il sanscrito *dvipa*, l'indostano *tapu, dip, diva, diu*, il malese, *pulan, pulo*, il cinese *ciau, ciù*, il giapponese *sima*, finalmente il coreese *do*.

(1) « Niuno tra voi o lettori, è che ignori quello che sia *isola*, La definizione è troppo facile: *l'isola è un minore e spesso microscopico continente* ». Così il MARMOCCHI op. cit., vol II, pag. 13; — e il valentissimo SYDOW (*Grundriss, der allgem. Geogr.*, Gotha, Perthes, 1862, pag. 64) va logicamente più in là, perchè giudica isola ogni terra estesa meno di 5 milioni e $^1/_2$ di chilom. quadr. (100 mila mg. quadr. ted.), e come continente ogni terra estesa oltre a quell'area.

(2) STRELBITSRY, op. cit. pag. 10.

Digitized by Google

Badando, puramente alle dimensioni superficiali, un criterio direttivo per distinguere quali delle terre emerse sopra indicate vanno schierate fra le isole ovvero fra i continenti, non lo si saprebbe trovare (1). Il continente antico è più che doppio del nuovo, e questo quin-

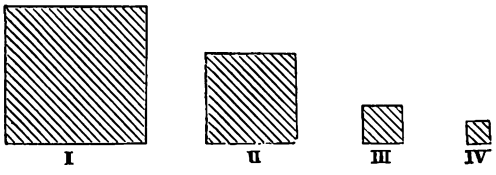


Fig. 173. — Confronto tra le superficie dei tre continenti e della Groenlandia.

I. Continente antico. — II. Continente nuovo. — III. Continente australe. — IV. Groenlandia.

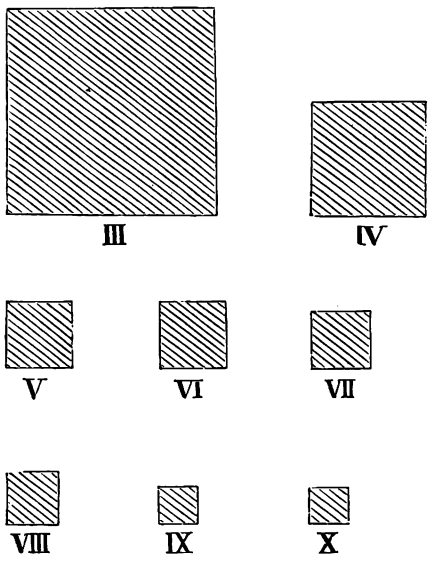


Fig. 174. — Confronto tra la superficie del minimo fra continenti e quella delle maggiori isole del globo.

III. Continente australe. — IV. Groenlandia. — V. Nuova Guinea. — VI. Borneo. — VII. Madagascar. — VIII. Sumatra. — IX. Nippòn (Giappone). — X. Gran Rrettagna.

tuplo dell'australe, il quale è soltanto tre volte maggiore della Groelandia, come questa è pure tre volte maggiore della Nuova Guinea. Dove finisce l'isola, dove comincia il continente? Il più forte salto nelle dimensioni, a dir vero, lo si nota tra il continente nuovo e l'australe, e in base a ciò si dovrebbe, col Marmocchi considerare l'Australia come la massima delle isole. Senonchè forse non v'è massa di terre emerse in cui il carattere continentale spicchi così distinto come in Australia, dove per le regioni interne aride, deserte, sterminatamente estese ed uniformi, le influenze dell'oceano o son nulle affatto o tali appariscono: dove una fauna, una flora e una stirpe umana completamente endemiche ed originali palesano l'esistenza di un mondo proprio e distinto da qualsiasi altro.

Per noi, come ormai per la maggior parte dei geografi, non può essere più questione del posto che spetta all'Australia. Ma se essa è un continente, forse rimane ancora dubbioso, se lo stesso possa ritenersi a riguardo della *terra verde*, la Groenlandia. Col criterio del Kant, quella terra, — ad onta del nome impostole da Erik Rauda, uno fra i suoi primi scopritori, coperta di geli eterni — da nessuno finora circumnavigata, dovrebbe schierarsi fra i continenti. Ma nessuno ne conosce l'interno, dove l'induzione fa supporre che sul fitto mantello di ghiaccio e di neve, sotto cui sta sepolta, vivano pochi campioni della flora e della fauna artica, ma dove i venti oceanici senza dubbio penetrano recando effetti non dissimili da quelli dei *föhn* o dei sirocchi alpini.

D'altronde, a nessuno dei continenti manca un corteo insulare, che segue la maggiore mole, giusta un rapporto non identico per tutti, ma, e lo vedremo, ristretto fra certi limiti e sempre di decisa inferiorità superficiale. Qui il continente groenlandese, colla sua estensione di quasi 2 milioni e $^1/_6$ di chilometri quad., sarebbe di ben poco superiore in estensione all'assieme delle isole boreali, che gli fan corona e che comprendono suppergiù 1 milione e $^2/_3$ di chilometri quadrati.

Ond'è che la Groenlandia diventa, necessariamente, la prima fra le isole, non potendo essere l'ultimo dei continenti.

Avvertimmo poi come, paragonando le superficie di ciascuno dei continenti col corteo insulare che lo accompagna, ne risultino dei rapporti diversi, i quali non rappresentano soltanto dei valori di dimensione; ma si collegano colla tendenza ad un certo spezzamento palesata da alcune terre, mentre altre son contrassegnate da una spiccata rigidità ed imponenza di forme. Siffatti contrasti si rivelano più decisi che mai quando si ponga mente non soltanto alla quantità delle isole, ma a quella delle penisole, che spettano ai singoli continenti. Isole e penisole appariscono quasi articolazioni di quei corpi maggiori, ai quali la loro copia conferisce una particolare fisonomia e una speciale attitu-

(1) Potrebbe essa basarsi sulla esistenza di bacini interni e senza scolo periferico, che si nota nelle due Americhe, nell'Asia, nell'Africa e nell'Australia?

Digitized by Google

dine a determinare la formazione e a subire la influenza di peculiari fenomeni fisici, influenza a sua volta ripercossa indubitatamente su quelli della vita organica e sullo sviluppo della civiltà. Allorchè, 18 secoli addietro, Strabone trovava nella forma articolata (*polischemon*) dell'Europa e dell'Italia una fra le ragioni della loro superiorità civile e storica sugli altri paesi (1), intuiva una verità altissima, che, se non esagerata, può tuttavia servire alla esplicazione di molti fra gli avvenimenti umani. Ne proviene che il raffronto fra i continenti da un lato e le loro appendici insulari e peninsulari dall'altro, assume una singolare importanza.

Anche qui però potrebbe sorgere una controversia intorno al significato da attribuire al vocabolo *penisola*. Per es. l'Africa e l'Europa rispetto al vecchio continente e l'America Meridionale rispetto al nuovo (2), non possono realmente essere considerate altrettante appendici, altrettante articolazioni invece che quali punti integranti delle masse continentali? A proposito dell'Europa, l'incertezza diventa tanto maggiore badando alle sue dimensioni pressochè cinque volte più piccole di quelle della massa compatta del continente asiatico, col quale per si lungo tratto è collegata, badando alle sue condizioni climatologiche, botaniche e geologiche, che si mostrano sotto molti rapporti quasi una prosecuzione di quelle che affettano l'Asia. Non senza acutezza è, a questo proposito, l'osservazione dell'Humboldt, che avvertiva, come riguardo al clima, l'Europa è per l'Asia quel che la penisola di Brettagna è pel resto della Francia: un'appendice e nulla più.

Tuttavia un'appendice non trascurabile, la quale presenta dei caratteri morfologici assai complessi con articolazioni molteplici connesse con un torso, la pianura orientale, a cui non mancano alcuni e notevoli caratteri di continentalità. Di più, per poco che si venisse e risalire nelle epoche geologiche anteriori, tra l'Asia e l'Europa probabilmente si troverebbe un enorme bacino marittimo disteso ad oriente degli Urali fra l'oceano Artico e il Caspio, il quale ultimo da molti tra i più antichi cosmografi è giudicato recisamente come un mare aperto a settentrione. E naturalmente ad asseguare all'Europa una posizione autonoma nel continente antico non facciamo valere la sua importanza nella storia dell'umanità eguale a quella dell'Asia, superiore, senza dubbio alcuno, a quella delle altre parti del mondo.

Sciolta così la sola questione che poteva sorgere sul carattere continentale o peninsulare d'Europa, ecco quali vengono a risultare la superficie delle isole e delle penisole. aggruppandole secondo le grandi divisioni da noi accettate da principio (1).

Divisioni del globo.	Superficie in chilom. quad. Isole	Penisole
Asia	2,643,000	8,645,000 (2)
Africa	622,000	0,000,000 (3)
Europa	468,000	2,698,000 (4)
America (5)	754,000	2,203,000 (6)
Australia	93,000	110,000 (7)
Polinesia	1,270,000	
Terre Pol. artiche	3,860,000	
» » antart.	660,000	
Totale	10,370,000	13,656,000

(1) V. pag. 238.

(2) È assai difficile offrire delle notizie aerometriche sicure delle penisole, sia perchè fra i geografi non regna il più completo accordo nella fissazione dei loro confini, sia perchè, anche fissati questi su basi naturali, com'è ragionevole, è ben raro ch'essi coincidano coi confini politici od amministrativi degli Stati ai quali le penisole stesse spettano. Ecco, per es., un elenco delle principali penisole dell'Asia colla loro superficie secondo le vedute un po' vecchie del Klöden (op. cit., pag. 102 e seg.), e secondo quelle del Wagner (qua e là) che noi seguiamo di preferenza.

Penisole asiatiche	Superficie delle penisole secondo il Klöden chil. quadr.	il Wagner chil. quadr.
Arabia	2,657,000	2,750,000
India Anteriore	1,872,000	2,200,000
» Posteriore	1,321,500	2,000,000
Peni. dei Ciukci	738,000 (!)	83,000
» di Taimir	661,000	—
Asia Minore	531,000	507,000
Camsciatca	496,000	275,000
Corea	226,000	292,000
Scian-tung (Mar Giallo)	27,500	—
Cattiavar o Guggerat	16,500	—
Samojeda o Jalmal	—	127,000
Altre penisole	—	411,000
Totale	8,549,500	8,645,000

(3) L'Africa veramente possiede una piccola penisola nella Tunisia, estesa chil. 2700, secondo misure nostre sulla *Carta Speciale della Regg. di Tunisi* di G. Cora, 1881, Sc. 1 : 1,500,000.

Anche il territorio dei Somali affetta alquanto la forma peninsulare, ma generalmente non viene considerato quale penisola. Il Sydow assegna all'Africa 5500 chilom. quadr. di penisole.

(4) Quantunque l'Europa sia la parte del globo dove i dati aerometrici presentano la maggiore attendibilità; pure anche qui regna una notevole incertezza.

Nell'elenco che segue abbiamo messe assieme le penisole principali d'Europa secondo i dati del Klöden da un lato e dall'altro secondo quelli del Wagner e Strelbisky. Noi stimiamo preferibili i dati della seconda colonna.

(Segue nota a pag. 244).

(1) Strabone *Geogr.*, trad. del Tardieu, Paris, Hachette, 1867, vol. I, pag. 205 e 477 e seguenti.

(2) Così rispetto all'America la pensava anche il Magini nel sec. XVI. V. *Moderne Tav. di Geografia* (pag. 22) II. parte della *Geografia*, del Magini Giovanni Ant., trad. dal Cernoti, Venezia, Galignani, 1598.

Digitized by Google

La tabellina precedente ci mostra il numero delle isole e delle penisole spettanti a ciascuna parte del globo; ma per comprendere il grado di snodatura e di frazionatura che a ciascuna compete è necessario porre a riscontro la mole dei corpi singoli colle membra che loro spettano. Il quadro precedente potrebbe far credere l'Europa più povera d'isole e di penisole che non sia l'Asia o quanto solamente lo è l'America, il che realmente è vero in via assoluta, mentre in proporzione all'esile torso che l'Europa possiede, essa è invece e senza dubbio la parte del globo più doviziosa per aggetti e fratture insulari e peninsulari.

La prova di ciò risulta dal seguente prospetto dove si mettono a riscontro le superficie occupate dai torsi continentali e quelle delle loro appendici, quali risultano dai numeri precedenti.

Divisioni del globo	Superficie in chil. quadr. dei torsi continen. senza isole nè penis.	delle appendici insul. e peninsul-	Rapporto
I. CONTINENTE ANTICO	**69,114,000**	**15,076,000**	**4.6 : 1**
Asia	33,472,000	11,288,000	3.0 : 1
Africa	29,278,000	622,000	47 2 : 1
Europa	6,364,000	3,166,000	2.0 : 1
II. CONTINENTE NUOVO (America)	**35,433,000**	**2,957,000**	**12 0 : 1**
America Sett.	17,906,000	2,734,000	6.6 : 1
» Merid.	17,527,000	223,000	79.0 : 1
III. CONTINENTE AUSTRALE	**7,507,000**	**203,000**	**37.0 : 1**
Totale dei continenti e delle appendici.	**112,054,000**	**18,236,000**	**6.2 : 1**
Polinesia e terre Polari		5,790,000	
Totale complessivo	**112,054,000**	**24,026,000**	**4.7 : 1**

Ci siano permesse alcune considerazioni sulle due tabelline precedenti.

Anzitutto si vede che dei 136 milioni di chilometri quadrati spettanti alle terre emerse, più di $^1/_{14}$ (cioè 10 milioni e $^1/_5$ di chilometri quadrati), è costituito da isole, e più di $^1/_{10}$ (cioè 13 milioni e $\frac{2}{3}$) da articolazioni peninsulari. Quindi la vera massa continentale si riducè nel complesso a soli 112 milioni di chilometri quadrati contro 24 milioni di terre insulari o peninsulari, cioè risulta meno che 5 volte maggiore della somma di queste.

Mirando però noi adesso a dedurre i rapporti secondo i quali si frazionano le terre spettanti ad ogni singolo continente, giova per un momento prescindere dalle terre Polari e dalla Polinesia, le quali formano quasi altrettanti mondi segregati dal rimanente e diventano argomenti di considerazione particolare. Ad onta di tale riduzione, troveremo, che tuttavia le appendici insulari e peninsu-

Penisole europee	Superficie delle penisole secondo il Klöden chil. quadr.	il Wagner e lo Strelbitsky chil. quadr.
Scandinava	771,000	800,000
Iberica	589,000	584,000
Slavo-ellenica o Balcanica (compr. la Grecia)	567,000	468,000
Italica o Appenin. (Wagner)	245,000	149,000
Cola (Lapponia)	99,000	120,000
Jutland	39,000	39,500
Bretagna	34,100	23,700
Crimea	25,500	25,700
Olanda	2,500	—
Normanna e Cotentin	2,200	2.000
Istria	4,100	3,500
Finlandia	—	440,000
Curlandia	—	17,600
Canin (Oc. Glaciale)	—	10,500
Apsceronte (Caspio)	—	1,800
Altre penisole e specialmente settentrionali	—	12,700
Totale	2,378,400	2,698,000

(5) Ecco poi in quale maniera vanno divise siffatte articolazioni tra le due Americhe:

	Superf. in chilom. quadr. Isole	Penisole
America Settentr.	603,000	2,131,000
» Meridion.	151,000	72,000

(6) Le principali penisole americane, secondo le precedenti autorità, avrebbero le seguenti superficie:

Penisole americane	Superficie delle penisole secondo il Klöden chil. quadr.	il Wagner chil. quadr
Labrador	1,101,000	1.300.000
California	154,000	143,000
Jucatan	88,000	—
Florida	60,600	110.000
Nuova Scozia	38,500	44,000
Aliasca	22,000	—
Maryland-Delawäre	16,000	16,000
Altre penisole (Aliasca, Boothia Felix, Melville)	—	590,000
Totale	1,480,100	2,233,000

(7) Superficie costituita in parti pressochè eguali dalle penisole del Northern Territory e di York Settentrionale, e in piccolissima porzione dalla penisola di York Meridionale presso Adelaide.

Digitized by Google

lari complessivamente si stendono per una superficie pari ad $^1/_6$ di quella occupata dalle masse continentali proprie, però con rapporto diverso tra continente e continente. Il più articolato di tutti è il Vecchio mondo, il meno di tutti è l'Australe. Senonchè in ciascuno dei continenti le singole parti presentano gradi di frazionatura diversissimi. Così l'antico continente, che è, lo vedemmo, il più articolato, nell'Africa pone sott'occhio un'immensa mole rigida e compatta, quasi affatto priva di penisole, e nella quale la superficie delle isole arriva appena ad $^1/_{47}$ di quella occupata dal vero corpo continentale. È più povera di isole, che non l'Africa stessa, sarebbe l'America meridionale, nella quale la superficie del mondo insulare è quasi 117 volte minore di quella del continente, e ancora sommata colla superficie delle penisole, appena arriva ad $^1/_{79}$ di quella. Senonchè nell'America meridionale, tale povertà di appendici è ben compensata dalla forma leggierae slanciata, dai grandi estuarî e dalle enormi arterie fluviali.

Del resto, nel raffronto istituito poco fa, quella tra le parti del globo, cui spetta la palma è l'Europa, il corpo già esile della quale, staccandosi dall'Asia, si divide in numerosi frammenti, in molteplici frastagliature, sicchè le appendici si stendono per $^1/_3$ della superficie complessiva e per una metà della porzione compatta. In tale vantaggioso rapporto le tengono dietro a breve distanza l'Asia e poi l'America settentrionale, in guisa da determinare addirittura un modo di essere diverso, quanto a grado di frazionamento, nelle masse continentali che si affollano a settentrione da quelle che si spingono a mezzogiorno. Nell'emisfero settentrionale generalmente predomina un certo carattere frammentario, del meridionale invece una tendenza alla compattezza ed alla rigidità delle forme.

4. I rapporti di dimensione ora accennati si riflettono naturalmente sopra un'altra delle condizioni morfologiche; il maggiore o minore sviluppo di coste che spetta a ciascun continente (1). In geometria si nota un certo rapporto tra la superficie di una figura piana e lo sviluppo della sua periferia. È noto per esempio, che, a parità di sviluppo periferico, le figure circolari offrono il massimo delle superficie possibili e ad esse tengon dietro le elissi poco eccentriche, ovvero i poligoni regolari a moltissimi lati e così di seguito sino alla figura triangolare. Senonchè, a proposito delle masse continentali, anche se si prescinde dal computare le periferie dei frammenti insulari, ci è mestieri trattare con figure irregolarissime, dove gli aggetti, le sporgenze, le ripiegature, le rientranze, le frastagliature d'ogni sorta si moltiplicano all'infinito e senza legge apparente veruna.

Al Ritter, uno dei primi pensatori che abbiano voluto mettere a riscontro le forme delle superficie terrostri colla storia dell'uomo, parve opportuno ridurre a una formula matematica semplicissima il rapporto esistente fra la estensione dei continenti e la quantità di coste che ognuno di essi possiede. Riconosciuta, per esempio, ad un continente o ad un'isola una data area in chilometri quadrati, il cosiddetto « sviluppo di coste » viene dato dal numero di chilometri quadrati al quale corrisponde un chilometro lineare di litorale. Così avendo la Gran Brettagna 218,000 chil. quad. di superficie e 8029 chil. di contorno costiero (1), secondo la formola del Ritter, le spetta uno sviluppo di coste corrispondente ad 1 chilom. per 27 chilom. quadr. di superficie.

Ora, ecco quale sarebbe lo sviluppo di coste dei varî continenti e delle varie parti del globo, escluse le isole (2), seguendo i criterî del Ritter e accettando quali dati di fatto i valori offerti dal Sydow, da noi stessi in qualche caso rettificati e arrotondati:

	Lunghezza delle coste in chilometri	Superf. corrisp. ad un chilom. di costa, in chilom. quadr.
Europa	32,000	296
Asia	57,000	739
Africa	26,000	1126
America Sett.	44,500	450
» Merid.	25,000	704
Australia	20,500 (3)	372
Contin. Antico	115,000	700
» Nuovo	69,500	541
» Australe	20,500	372
Totale dei continenti	205,000	613

(1) Oltre gli scritti del Reclus, del Ritter, dell'Humboldt, dello Steinhauser, del Wagner, dell'Hugues, ecc. cnfr. KEBER *Flächeninhalt und Küstenlänge*, in PET. *Mittheil.*, 1863, pag. 309; — BOTHE FERD., *Uberdie Beziehungen zwischen Flächeninhalt und Grenzlänge der Länder*, ibid. 1863, pag. 406: — GÜNTHER. *Dr. S., Die wahre Definition des Begriffes « Küstenentwikelung »*, (*Verhandl. des 2 tes d. Geographentageszu Halle*) Berlin, Reimer 1882: — MARINELLI, *Il concetto del cosidd. sviluppo di coste*, Padova, 1884.

(1) STREBILSTKY. op. cit., pag. 9.

(2) Cioè secondo i dati esposti a pagina 241 dell'opera.

(3) Il più dei geografi (Daniel, Reclus, Steinhauser) attribuiscono all'Australia uno svilnppo di coste non maggiore di 14 o 15,000 chilom. Una mia misura praticata sulla carta in scala mediocre (1 : 10 milioni) cioè quella del PETERMANN (*Australien*, N. 38 dell'*Atlas* dello STIELER) mi diede pel continente austra'e uno sviluppo di almeno 20:00 chilom., valore prossimo a quello di 21:00 chilom. dato dal Sydow.

Digitized by Google

La formula del Ritter ha per sè il vantaggio di una grandissima semplicità; ed è forse per ciò che continua ad essere preferita alle altre nella maggior parte dei trattati scolastici e scentifici, compresa fra le più autorevoli *La Terre* del Reclus (1) e quella dello Strelbitsky sulla *Superficie d'Europa* uscita nel 1882. Senonchè la formula ritteriana è matematicamente difettosa, dacchè stabilisce un confronto fra termini di specie diversa: una superficie, cioè un ente a due dimensioni, e una linea, ente ad una dimensione soltanto. Quindi ancora molti anni addietro le furono mosse delle serie critiche dal Keber (1863), dallo Schumann e dal Bothe (1873), dal Günther (1881) e da qualche altro.

In compenso si propose da taluni di rappresentare il proporzionale sviluppo di coste di ogni parte del globo mediante un raffronto istituito fra la periferia di ciascuna fra esse parti e quella di un quadrato avente una estensione superficiale equivalente. Per esempio, ritenuta la superficie d'Europa, come noi facemmo, eguale a 9,060,000 chilom. quadr., un quadrato della medesima superficie dovrebbe avere il lato della lunghezza di 3010 chilometri e quindi la lunghezza della periferia eguale a 12040 chilometri. Ma la periferia dell'Europa è sviluppata realmente per 32000 chilometri; quindi l'Europa ha uno sviluppo di coste ben 2.6 volte maggiore che non avrebbe se la sua estensione superficiale fosse foggiata nella figura di un quadrato. Per rendere poi più semplice il parallelo, invece di confrontare la periferia reale e quella del quadrato equivalente, si confronta $^1/_4$ della periferia reale col lato del quadrato, ch'è poi a sua volta $^1/_4$ della periferia del quadrato stesso.

Ecco a cosa conduce un tale raffronto, mantenendo sempre i dati precedenti:

	Quarto dello sviluppo di coste in chilom.	Lato del quadrato equivalente in chilom.	Rapporto
Europa . . .	8000 . .	3010 . .	2.65 : 1
Asia	14250 . .	6490 . .	2.21 : 1
Africa	6500 . .	5410 . .	1.21 : 1
America Sett. .	11125 . .	4480 . .	2.26 : 1
» Mer. .	6250 . .	4200 . .	1.49 : 1
Australia . .	5125 . .	2760 . .	1.86 : 1
Contin. Antico .	28750 . .	8970 . .	3.20 : 1
» Nuovo. .	17375 . .	6135 . .	2.83 : 1
» Austr . .	5125 . .	2760 . .	1.9 : 1
Tot. dei continenti	51250 . .	11210 . .	4.57 : 1

Naturalmente quanto più il rapporto è piccolo, cioè quanto più la lunghezza della periferia reale si avvicina a quella del quadrato corrispondente, tanto minore si deve ritenere il proporzionale sviluppo di coste di quel continente. Un raffronto tra l'Europa e l'Africa (Fig. 175 e 176) rende evidente la cosa.

Si pensò ancora ad un altro metodo, cioè a quello del paragonare la periferia di ogni parte del mondo con quella del circolo, del quale è nota la proprietà di presentare la massima estensione superficiale fra varie figure dotate della stessa periferia. Per ottenere ciò, si cerca il raggio di una figura circolare avente superficie identica a quella di ciascuna delle parti del globo (1) e lo si raffronta col raggio che spetterebbe ad un circolo avente una periferia eguale in lunghezza alla periferia di ciascuna delle parti medesime (2). Così una superficie circolare pari a quella dell'Europa avrebbe un raggio eguale a 1700 chilom.; mentre per avere una circonferenza sviluppata per 32 mila chilom., che a tanto ammonta la periferia dell'Europa, bisognerebbe servirsi di un raggio eguale a 5900 chilometri. Il rapporto fra i due raggi dà lo sviluppo proporzionale di coste in Europa. E anche in questo caso, di quanto è maggiore la differenza fra i due raggi di tanto è più grande il relativo sviluppo costiero. A prova, ripetiamo il già fatto confronto tra l'Europa e l'America (Fig. 177 e 178).

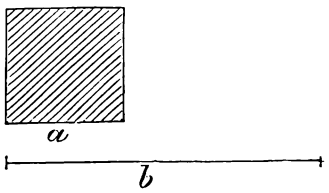


Fig. 175. — Europa.
a = superficie del quadrato equivalente; — b = quarto dello sviluppo costiero.

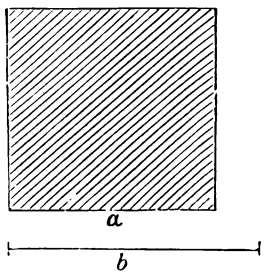


Fig. 176. — Africa.
a = superficie del quadrato equivalente; — b = quarto dello sviluppo costiero.

Ecco, seguendo tale criterio, quale sarebbe

(1) Op. cit., 3.ª ediz. 1883, vol. I°, pag. 81.

(1) Chiamando Rs tale raggio, lo si ottiene colla formula $Rs \sqrt{\frac{S}{\pi}}$, in cui S è la superficie della parte del globo di cui si tratta. Cioè lo si ottiene dividendo tale superficie per 3.1416 (π) e poi estraendo la radice dal risultato.

(2) Chiamando Rp tale raggio, lo si ottiene colla formula $Rp = \frac{P}{2\pi}$, nella quale P è la periferia della parte del mondo in questione. Cioè lo si ottiene dividendo tale periferia per 6.2832.

Digitized by Google

lo sviluppo di coste per le varie parti del globo:

	Rp in chilom.	Rs in chilom.	Rapporto
Europa	5090	1700	3.00 : 1
Asia	9070	3600	2.50 : 1
Africa	4160	3050	1.36 : 1
America Sett.	7080	2530	2.80 : 1
» Mer.	4020	2370	1.70 : 1
Australia	3260	1560	2.90 : 1
Continente Ant.	18300	5060	3.61 : 1
» Nuovo	11100	3450	3.22 : 1
» Austr.	3260	1560	2.80 : 1
Tot. dei contenenti	32660	6330	5.15 . 1

Noi abbiamo riportato questi varî metodi, per indicare come i geografi abbiano in molte

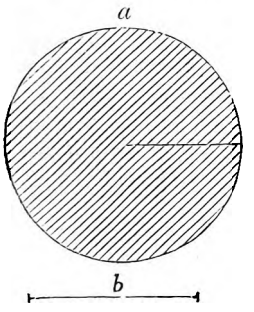


Fig. 177. — Africa

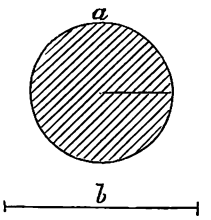


Fig. 178. — Europa

a = Superficie del circolo equivalente; — b = raggio della circonferenza equivalente allo sviluppo costiero.

guise cercato di escogitare una formula che chiaramente e semplicemente permetta di poter valutare la quantità di coste che ogni parte del globo possiede, o veramente la relazione nella quale l'interno di ognuna delle grandi massi asciutte sta con quell' infinito tramite di comunicazioni e di civiltà ch'è il mare. Però siamo ancora convinti che tutte quelle finora presentate sono difettose. Prescindendo dal metodo ritteriano, già condannato, per convincersi della loro manchevolezza basta osservare che a motivo del fatto che i rapporti di superficie stanno fra loro come i quadrati, mentre i lati e i raggi stanno fra loro come i numeri semplici, tanto nell'una che nell'altra delle due ultime formule il rapporto che rappresenta lo sviluppo proporzionale di coste nel totale dei continenti (4.57 : 1, ovvero 5.15 : 1) è maggiore non soltanto di quello di ognuna delle masse continentali, ma persino di quello dell'Europa (2. 65 : 1, ovvero 3 : 1) parte del globo più favorita.

Forse più acconcio di questi sarebbe il sistema proposto dal Günther, di ricorrere a varie figure stellate, le quali colle rientranze e sporgenze poligonali venissero in qualche guisa a corrispondere alle sinuosità costiere; ma con esso si va incontro a complicazioni grafiche ed aerometriche tali da scemarne di molto il valore, almeno nell'uso ordinario.

Per noi, del resto, ognuno di questi metodi, ricavati dalla misura delle coste di un paese, ha un difetto fondamentale, ed è quello dall'accertamento del dato stesso di base. È indubitato che pur restando la costa inalterata per secoli, il solo fatto di essere rilevata accuratamente ne moltiplica le sinuosità, per cui a parità di sviluppo reale, i paesi più civili sembrano provvisti di una maggiore lunghezza litorale. Per giunta i risultati variano in una misura appena credibile col semplice variare della scala della carta sulla quale si eseguisce la misurazione medesima. Un esempio soltanto a chiarire la cosa. Da molti anni tutti i geografi accettano senza discussione a rappretare lo sviluppo costiero d' Europa, il dato del Berghaus che lo giudicava pari a circa 23 mila chilom. (1), e noi stessi lo prescegliemmo, perchè paragonabile cogli altri valori, che lo stesso autore ricavava da carte in iscala modesta, ma uniforme. Di recente lo Strelbistky, avendo rifatta tale misurazione, servendosi di carte in iscala assai grande viene ad assegnare alle coste del continente europeo, escluso il litorale del Caspio e quello delle isole, uno sviluppo di ben 74,524 chilom.! (2), cioè 2 volte e $^1/_2$ maggiore di quello del Sydow.

È certo poi, che in realtà le minime frastagliature, formanti quasi una frangia intorno ad un litorale, non esercitano influenza veruna nell'avvicinare l'oceano all' interno dei continenti, per cui noi pensiamo che in tali determinazioni sia preferibile una carta in iscala mediocre o piccola che le sopprima, ad una grande, che le metta in evidenza, e quasi siamo d'avviso che qualora si volesse proseguire in questo modo di ragguagli, sarebbe utile introdurre nel computo non lo sviluppo del litorale come una linea matematica, ma lo sviluppo di una specie di fascia litorale di una certa larghezza. E diciamo *quasi,* non potendo dissimularci la difficoltà di determinare il criterio col quale tale larghezza dovrebbe essere fissata (3).

(1) Humboldt (Bromme) . . . . . 27350 chil.
Berghaus . . . . . 31910 »
Sydow, Klöden . . . . . » »
Steinhauser . . . . . » »
Reclus . . . . . 32000 »
Hugues . . . . . » »
Daniel . . . . . 33400 »

(2) Strelbitsky, op. cit., pag. 5.

(3) A talune, e fra altri anche al Réclus, parve che ad esprimere in modo spiccio o suscettibile di raffronti la

Digitized by Google

Ond'è che ancora il migliore espediente per formarsi un'idea chiara e completa è quello del confronto tra le superficie dei corpi continentali e le loro appendici insulari e peninsulari, quale demmo in addietro (1), accompagnato dall'esame di buone carte geografiche.

Ma i contrasti non si fermano a questo punto. Fin dal primo sguardo gettato sulla sfera terrestre, si scorge il protendersi dei continenti antico e nuovo in direzione diagonale uno rispetto all'altro. Le due Americhe, e quindi il continente occidentale si allungano nel senso dei meridiani per quasi 15 mila chilom., sopra una larghezza massima di 5900; il continente antico si protende da greco a libeccio per ben 17 mila chilom., sopra una larghezza di 12600. Giudicando così superficialmente, sembrerebbe quasi che le forze alle quali si devono attribuire i sollevamenti delle masse emerse nei due emisferi occidentale ed orientale avessero agito in direzione diverse, anzi quasi normali una all'altra, giudizio appoggiato anche dall'allineamento che tengono le grandi catene di montagne, e le serie successive di pianure nel Vecchio e nel Nuovo mondo.

E, accanto ai contrasti, vi sono anche delle singolari armonie; corrispondenze di dimensioni, simmetrie di forme. Una semplice occhiata alla carta palesa, per es., un fatto singolare: che cioè i più forti protendimenti settentrionali e meridionali dei continenti si trovano suppergiù sul medesimo meridiano. Ond'è che sotto la stessa longitudine trovansi in Asia il capo Buru nella penisola di Malacca, e il capo Celjuschin nella penisola di Taimir; in Europa il capo Matapan nella Morea e il capo Nord; in Africa il capo Bianco nella Tunisia e quello di Buona Speranza; finalmente in America l'estremità grecale dell'isola Cockburn e il capo Horn nella terra del Fuoco.

figura più o meno slanciata dei continenti fosse acconcia la misura del loro *raggio*, cioè della distanza fra il loro centro di figura e il litorale oceanico più vicino. Ecco quali numeri (op. cit., pag. 86) egli così ricavò:

	Raggio
Europa	770 chil.
Asia	2400 »
Africa	1800 »
America Sett.	1750 »
» Merid.	1700 »
Australia	900 »

Senza che questo criterio sia affatto da buttarsi via, è certo che esso pure pecca per considerare la cosa da un punto solo di vista.

Per vero dire tutti i metodi già accennati peccano, come vedemmo, di unilateralità, il che risulta anche dal parallelo dei risultati ch'essi danno. Disponendo le varie parti del globo nell'ordine di primazia che da ognuno di essi risulterebbe, cioè collocando per prima quella che giusta ciascun criterio verrebbe a risultare la più articolata, si ottengono le seguenti disposizioni:

secondo il metodo del raffronto fra la superf. delle appendici e del torso	del Ritter (rapporto fra le coste e la superficie)	del lato del quadrato equivalente	del raggio del circolo equivalente
Europa	Europa	Europa	Europa
Asia	Australia	America Sett.	Australia
America Sett.	America Sett.	Asia	America Sett.
Australia	America Mer.	Australia	Asia
Africa	Asia	America Mer.	America Mer.
America Mer.	Africa	Africa	Africa
Cont. Antico	Cont. Antico	Cont. Antico	Cont. Antico
» Nuovo	» Nuovo	» Nuovo	» Nuovo
» Australe	» Australe	» Australe	» Australe

Avvertendo che la prima colonna non è del tutto confrontabile colle altre perchè quella comprende nel rapporto anche l'elemento insulare, il che manda all'ultimo posto l'America meridionale, tuttavia si vede che tra i vari metodi l'accordo è raggiunto soltanto a riguardo dell'Europa che tutti giudicano la parte del globo più ricca di articolazioni. Per le altre parti v'è pieno disaccordo, tranne a riguardo dell'Africa, la cui estrema povertà di articolazioni tre metodi son concordi a riconoscere, e che risulterebbe da tutti qualora nella prima colonna si escludesse l'influenza dell'elemento insulare.

Il metodo, a cui accennammo e secondo il quale in tutti questi computi si dovrebbe prendere in considerazione non già la costa quale una linea matematica, ma una zona costiera di una certa larghezza, metodo astrattamente ragionevole, va incontro all'inconveniente della indeterminazione nel fissare la larghezza della zona litorale. Le relazioni fra la costa e l'interno sono di varia natura e la importanza che questo sia vicino a quella o da essa discosto varia a secondo che si hanno in mira circostanze fisiche o sociali. Così, p. es., la influenza meteorologica del mare si può far sentire a 100 come a 300 chilometri dalla spiaggia; mentre le influenze miasmatiche di certe spiaggie cessano a 20 o 30 chilometri. Sì l'uno che l'altro fatto poi restano influenzati dalla esposizione, dalla natura della spiaggia, dalla morfologia orografica del territorio. Portandosi nel campo sociale, il problema si complica. Lasciamo da un lato l'importanza della prossimità di una spiaggia negli interessi politici (facilità di offesa e di difesa, ecc.) e limitiamo la considerazione soltanto alle relazioni commerciali e attinenti più dappresso coi primi bisogni della vita umana. Lungo un litorale si formano almeno tre serie di fascie che seguono più o meno le sue ondulazioni e lungo le quali gl'interessi umani sono variamente influenzati dalla vicinanza del mare. Ed esse sono: 1.° la zona propriamente litorale, dove le popolazioni vivono esclusivamente o quasi dei prodotti diretti del mare, zona poco larga e che di rado oltrepassa gli 8 o i 10 chilometri; 2.° una seconda zona, nella quale le popolazioni vivono, almeno parzialmente, collo scambio più o meno continuo dei loro prodotti con quelli del mare; 3.° una terza zona, che rappresenta la regione interna, dove hanno smercio i prodotti del traffico marittimo portati a quel dato litorale. La seconda regione già si presenta assai irregolare e quasi perde la sua figura di zona, dacchè rimane influenzata da numerose circostanze speciali e sopratutto dai mezzi di comunicazione; sicchè in qualche punto il suo limite interno si allontana dalla spiaggia appena di 10 o 13 chilom., e lungo una linea ferroviaria può spingersi a qualche centinaio di chilometri. Peggio avviene per la terza regione, la quale non ha più nulla della zona, ma ora penetra profondissima nei continenti, ora quasi si confonde col lido a seconda di circostanze diverse, primissima la natura dei porti e i mezzi di comunicazione.

Notando tali difficoltà, non intendiamo di risolvere il problema, che pur troviamo degno di studio e assai importante.

(1) Pag. 244.

Digitized by Google

Meno evidente, ma non meno interessante il rapporto di dimensioni che già il Kant (1) trovava risultare dal dividere per un momento i continenti secondo le linee di maggiore lunghezza. « Osservando » dice il celebre filosofo tedesco « qual sia la più grande estensione dei due maggiori continenti, troveremo che la linea più lunga tirata sovra l'uno o sovra l'altro passa propriamente in mezzo, di modo che, calcolando l' estensione tanto sopra l'uno quanto sopra l'altro lato di ciascuno fra essi, otterremo poco più poco meno, lo stesso risultato areometrico: la parte più grande però in amendue i casi cadrebbe verso l' Atlantico. Osserveremo inoltre che amendue tali massime linee hanno principio alla medesima latitudine settentrionale ed hanno fine alla medesima latitudine meridionale; che ambedue formano un angolo quasi identico coll'equatore, e mentre la linea più lunga del continente antico corre da greco a libeccio, quella del nuovo procede da maestro a sirocco, e perciò pare ch'entrambi si movano incontro

La massima linea del continente antico comincia nella Siberia presso il fiume Pocasca a 61° di latitudine; passa per la città di Narim, pel lago d'Aral, per l'estremità meridionale del Caspio; si dirige poi, rasentando il golfo Persico, al mar Rosso, che taglia presso lo stretto di Bab-el-Mandeb e quindi per l'Abissinia e per la regione dei grandi laghi traversa l'Africa meridionale fino a raggiungere il 35° di latitudine meridionale e con esso il capo di Buona Speranza. Tale linea si stende quindi per 148°, importa 16400 chilom. (2), e forma coll'equatore un angolo di 65° ad est. Sulla parte occidentale di questa linea giacciono 725714 (40 milioni di chilom. circa) e sull' orientale 700876 (38,600,000 chilom.) miglia quadrate tedesche; differenza che forse svanirebbe affatto se fossero comprese le isole che giacciono tanto sulla parte orientale, quanto sull'occidentale della linea medesima.

Nell' altro continente la linea di massima lunghezza comincia a 60° di latitudine boreale, passa traverso le regioni sconosciute, » specialmente ai tempi del Kant « dell' America Settentrionale, taglia la Florida, Cuba, Giamaica, e a Cartagena tocca l'America Meridionale, che abbandona alla foce del rio della Plata sui 35° di latitud. merid. L'angolo che forma coll'equatore è di 68°, » ma questa volta verso l'ovest « e la lunghezza sua è di 105°, ovvero di 11700 chilometri (1). Sulla parte orientale di questa linea giacciono 319387 e sull'occidentale 292857 miglia quadrate tedesche, eguali rispettivamente a 17,600,000 e a 16,100,000 chilom. quadrati di superficie ».

Naturalmente queste cifre hanno un valore soltanto approssimativo, sì in causa della incertezza dei dati aerometrici dell'epoca alla quale spettano, sì della ignoranza in cui si trovavano i contemporanei del Kant intorno ai limiti e all'estensione occidentale dell' America, tanto ch'egli stesso, dal rapporto dei numeri medesimi, credeva per semplice induzione di arguire, da un lato, l'isolamento della Groenlandia e, dall'altro, un notevole prolungamento del continente americano verso maestro. Argomenti, nei quali adesso, dopo la diffusione delle scoperte geografiche è facile sapienza non seguire quel vero precursore negli studi della morfologia superficiale del globo.

Passiamo ad altre armonie terrestri che forse è possibile collegare in avvenire con qualche ipotesi geogenica. Generalmente la figura tricuspidale predomina nelle masse terrestri emerse. Un triangolo forma il vasto continente asiatico-europeo, o l'*Eurasia*, come vorrebbe chiamarlo l'Hochstetter, ed altri triangoli formano l'America Settentrionale, la Meridionale e l' Africa. Lo stesso continente Australe affetta la figura di triangolo mozzo nel suo vertice meridionale, che si può idealmente completare imaginando gli sia unita la Tasmania, dalla quale lo separa un braccio di mare ben poco profondo.

Ma l' attenta osservazione delle forme dei continenti conduce tanto avanti in un certo ordine d'idee da far quasi temere che non si caschi in una specie di metafisica geografica o che si faccia ritorno alle armonie numeriche della scuola pitagorica. Eppure non è fantasia la risultanza di *tre* maggiori aggruppamenti continentali, diretti generalmente da settentrione a mezzogiorno o forse da maestro a sirocco, e ormai riconosciuti da tutti i geografi e i geologi più insigni. Il primo fra essi è composto dalle due Americhe; il secondo dall' Europa e dall' Africa; il terzo dall'Asia e dall' Australia. La morfologia della

(1) Vol. III, pag. 11.

(2) Il testo porta 12120 miglia geografiche, il che, supponendole tedesche, darebbe circa 90 mila chilom. Evidentemente ciò è frutto di un errore di stampa da correggersi con 2212 miglia geografiche e s'intende tedesche, pari a 16400 chilometri.

(1) Miglia ted. 1775.

Digitized by Google

prima coppia si disegna troppo spiccata al di sopra delle acque oceaniche perchè si possa negarne l'esistenza. Tuttavia per poco che osserviamo, troveremo che le forme e le accidentalità da essa presentate, si ripetono per gli altri due segmenti. Difatti quella prima è formata da due vasti continenti triangolari, uniti da un istmo, e separati da un' ampia insenatura orientale ricca di isole, le Indie Occidentali, mentre due penisole, la California e la Florida, si spiccano verso mezzodì, una dalla costa occidentale l'altra dalla orientale di quello fra i due continenti triangolari, che si trova a settentrione.

L'istmo che unisce l'Europa all'Africa s'intende formato dall' Italia, dalla Sicilia e da quel tratto di fondo del Mediterraneo, che, coperto da sottile strato acqueo, collega quest'isola al capo Bon nella Tunisia. L'arcipelago delle Antille, orientale rispetto all'America e all'istmo di Panama, trova riscontro nell'arcipelago Greco, orientale rispetto all'istmo mediterraneo; il doppio golfo del Messico e delle Antille, nel mar Egeo e nel mar del Levante; le penisole di California e della Florida, nelle penisole Iberica e Slavo-ellenica.

Per distaccare la terza dalla seconda coppia giova quindi richiamarci all'antica probabile congiunzione oceanica fra il Caspio e l'oceano Boreale. Però neanche nel terzo segmento le linee non sono complete e decise come nel primo. Il continente nordico è senza dubbio il più grandioso di tutti; ma il meridionale è quasi ridotto in frammenti, dei quali uno solo, l'Australia, ha conservato il suo carattere continentale. E qui pure l'istmo bisogna ricostituirlo mentalmente, colle isole di Timor, di Flores, di Sumbava, di Lomboc, di Bali, di Giava e di Sumatra, e colla penisola di Malacca (Fig. 189). Ma non fa invece difetto l'arcipelago orientale, rappresentato dal vasto gruppo insulare delle Molucche e da quello delle Filippine, come non manca la corrispondenza colla California e colla Iberia nella penisola orientale dell'Arabia; mentre svanisce il riscontro della posizione mediana dell'istmo, il quale per essere simmetrico a quelli di Panama e del Mediterraneo, dovrebbe attaccarsi alla penisola del Decan intermedia fra l'Arabica e la Siametica.

Nei tre segmenti, oltre al riscontro di direzione del loro asse maggiore, si nota un certo riscontro di dimensioni. Vale a dire le coppie nell'assieme occupano delle aree non molto diverse tra loro. Difatti, lasciando da

parte le isole, troviamo che la superficie della prima coppia ammonta ai seguenti valori:

a.	America Sett.	19. 9	milioni di chil..	quadr.,	
b.	» Merid.	17. 6	»	»	» ,
I.	Totale	37. 5	»	»	» ;

la seconda presenta la seguente area:

c.	Europa	9. 1	»	»	» ,
d.	Africa	29. 4	»	»	» ,
II.	Totale	38. 5	»	»	» ;

finalmente la terza si stende nel modo che segue:

e.	Asia	42. 1	»	»	» ,
f.	Australia	6. 2	»	»	» ,
III.	Totale	48. 3	»	»	» ;

Se il riscontro delle dimensioni non è completo (1), tra esse non v' è al certo nemmeno quella enorme differenza che si trova comparando fra loro le aree dei continenti, come questi appaiono alla prima impressione superficiale, aree che vedemmo corrispondere ad 80 e $^1/_2$, a 37 e $^2/_3$ e a 7 e $^2/_3$ milioni di chilom. quadrati. Comunque sia, è certo che nelle tre coppie si deve riconoscere vera la legge dei compensi (Fig. 179). Alla mas-

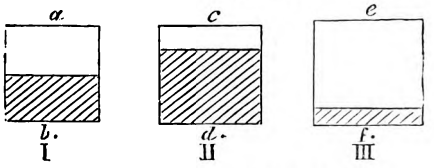


Fig. 179. — Rapporto fra i tre massimi segmenti continentali.

I. = *a.* America Sett.; — *b.* America Merid.
II. = *c.* Europa; — *d.* Africa.
III. = *e.* Asia; — *f.* Australia.

sima mole dell'Asia riesce annessa quella minima dell' Australia; — a quella notevole dell' Africa, quella assai modesta dell'Europa; — mentre i membri della coppia americana presentano entrambi dimensioni mediocri e poco diverse un dall' altro, restando però la palma al settentrionale. Quest' alternanza fra le masse maggiori e le minori, in modo che congiugendone i centri di figura si verrebbe a costituire un doppio incrociamento, come

(1) Esso quasi lo diventerebbe qualora la divisione fra il gruppo europeo-africano e l'asiatico-australiano si facesse lungo una linea che passando per la depressione aralo-caspiana, congiungesse l'estuario dell'Obi al golfo Persico. In tale caso le dimensioni delle tre coppie sarebbero rispettivamente rappresentate da 37.5, 44, e 43 milioni di chilometri, cioè proporzionatamente dal 30 per 100 nel primo caso e dal 25 per 100 negli ultimi due.

Digitized by Google

quello di due XX congiunte lateralmente, fa pensare ad una specie di equilibrio dei continenti intorno ad un equatore, che non è certo l'equatore geografico, ma che dovrebbe esser posto alquanto a settentrione di quello.

Ancora altre analogie evidenti e ormai notissime. I continenti boreali spingono ognuno verso meriggio *tre* aggetti peninsulari, aventi una certa rispondenza di forme. Veramente qui pure conviene un momento far astrazione dalla morfologia attuale, per quanto riguarda l'America Centrale destinata a rappresentare ivi la penisola mediana di quel continente. Però, anche a riguardo di essa Maurizio Wagner ci avverte (1) che in epoca geologica recente una vera soluzione di continuità esisteva fra le due Americhe, dove un braccio di mare largo qualche dozzina di chilometri (8 miglia ted., pari a circa 60 chilom.) doveva congiungere il Pacifico all'Atlantico traverso l' odierno istmo di Panama. Ma prescindendo da questa eccezione e nemmeno essa sostanziale, le corrispondenze sono evidenti; alla California, all'America Centrale e alla Florida, fan riscontro la penisola Iberica, l' Italia e la penisola Balcanica in Eurôpa; l'Arabica, il Decan, e l'India posteriore in Asia. Anzi l' analogia non si ferma a tal punto; ma si ripete in moltissimi accidenti morfologici delle regioni che si mettono a confronto. La forma quadrilatera della California richiama alle mente, salvo una maggiore compattezza, e salvo le proporzioni, quelle della Spagna e dell' Arabia, fra le quali due penisole v' è una certa somiglianza nella oroplastica, e nelle condizioni climatiche, entrambi apparendo costituite da due altopiani, nei quali l'aridità e il carattere continentale delle parti interne contrastano colla fertilità e colle condizioni generali delle spiaggie.

Un riscontro fra l'enormi masse montuose del Messico, i colossi della cerchia alpina e quelli dell'Imalaia, sarebbe il solo forse comune a tutte tre le penisole mediane: mentre invece abbastanza copiosi sono quelli che possonsi istituire fra l'Italia e l' India, sempre prescindendo dalle dimensioni. Entrambi penisole allargate a tramontana, entrambi son chiuse dalla maggiore cerchia montuosa che vanti il continente rispettivo, entrambi presentano una vasta e ferlile pianura settentrionale, inclinata a levante, la padana o la gangetica, in tutti e due e casi solcata da un fiume ricco di tributarî e sboccante per ampio delta. Tanto l' una che l' altra, appena a ponente di tale pianura, mostrano il bacino di un fiume (Rodano ed Indo), che si dirige nel corso inferiore secondo i meridiani e che pur esso finisce in un delta. E a compiere l' analogia, entrambi le penisole, più che mediocremente accidentate, hanno per appendice meridionale una vasta e fertile isola montuosa, la Sicilia da un lato, Ceilan dall'altro.

La Florida, nè per dimensioni, nè per figura, può paragonarsi colla penisola slavo-greca; bensì per la figura con quell'estremo aggetto dell'India posteriore ch' è la penisola dì Malacca, alla quale anche s'avvicina, più che pel carattere dell'interno, per quello maremanno e frastagliato dalle costiere; e con l'una e con l'altra, per quanto concerne gli aggruppamenti insulari, che a tutte costituiscono una specie di appendice e di prosecuzione, le Lucaie e le Antille per la Florida; l'Arcipelago e Candia per la Grecia; le isole della Sonda per l'Italia transgangetica. Tra le due penisole ultime cennate corre altresì un'altra somiglianza; vale a dire che il loro organismo è doppio, in modo che dal nucleo della maggiore penisola in entrambi se ne stacca uno minore; la Morea nell'un caso, Malacca nell' altro, quella congiunta mediante l'istmo di Corinto, questa mediante l'istmo di Craa.

Fra le *similitudines physicae in configuratione mundi*, già rilevate dal grande Bacone da Verulamio (1) era sembrata notevole quella della figura piramidale presentata dalle masse che i continenti spingono a mezzogiorno, somiglianza, al suo tempo e fino alla seconda metà dello scorso secolo, resa più spiccata pel fatto che, non ancora circumnavigata la Tasmania, la si credeva un' appendice connessa al continente australe. E forse era tale essa pure in età geologica non remota, come lo provano l'analogia delle sue colla flora e colla fauna del continente australiano e la già menzionata poca profondità dello stretto di Bass che ne la divide.

Ma fra le tre prominenze meridionali vi sono degli altri riscontri morfologici. Ognuna di esse ha un' insenatura a ponente o a libeccio, e una sporgenza a levante; tanto che tra l' Africa e l' America Meridionale, fra le quali la somiglianza è più decisa,

(1) PETERMANNS *Mittheil*, *Jahrg.* 1861, pag 79.

(1) *Novum organum*, Vol. II, *Aph.* 27.

Digitized by Google

l'Atlantico ha sembianza di fiume gigantesco che scorra fra rive parallele tali, che alla sporgenza dell' una risponda la rientranza dell'altra. Ma se alla prominenza, che nell'America finisce col capo S. Rocco, corrisponde la insenatura del golfo di Guinea, la sporgenza africana, che s' appunta al capo Gardafuen, è troppo settentrionale perchè trovi evidenze di riscontri nel golfo Australe; e del pari la incurvatura del litorale australiano che sporge col capo Sandy nell' isola omonima, è forse troppo poco decisa per rendere cospicua la sua corrispondenza colla forma concava della costa americana.

Invece tutte e tre le grandi figure triangolari sono accompagnate verso sirocco da un'isola o da un arcipelago: le Fankland; Madagascar colle Mascarene, colle Comore e coi gruppi vicini; il complesso insulare della Nuova Zelanda.

Ci rimane da ultimo un duplice fatto, che porse non una sol volta occasione a deduzioni forse più ardite che saggie ed accettabili. Abbiamo cioè da un canto la direzione meridionale di moltissime fra le grandi penisole del globo, dalla California alla Nuova Scozia; dalla Crimea alla Scandinavia; dall' Arabia, alla Corea e al Camsciatca; — e dall'altro la forma singolare delle estremità meridionali dei continenti medesimi. « Ciascuna di queste ardite sporgenze terrestri » scrive il Réclus « sembra essere stata parzialmente demolita dalle onde. Così l'America Meridionale nella sua punta estrema offre l'aspetto di un' immensa rovina, il tortuoso stretto di Magellano la separa dalla terra del Fuoco, a sua volta divisa in numerose isole da un vero dedalo di canali e finita a mezzodì, quasi un leone sdraiato, dall'isolotto del capo Horn. L'estremità meridionale dell' Africa proietta nel mare un altro capo delle Tempeste, quello cui la fiducia di scoprire le Indie impose il nome di Capo di Buona Speranza; a levante del promontorio, connesso col continente a mezzo di terrazzi e di montagne, si prolunga nell'oceano il grande banco delle Aguglie, dove si frange la violenza delle correnti e che è senza dubbio la reliquia di una terra scomparsa. Da ultimo il continente australiano presenta quale suo prolungamento meridionale la ripida spiaggia dell' isola di Van Diemen, con molta evidenza spettante all'Australia ». A queste cousiderazioni altri avevano aggiunto pure quella della forma frastagliata e trarrotta di molte fra le penisole rivolte a mezzodì, Scandinavia, Florida, Camsciatca, aggiuagendovi altresì la Groenlandia, e la Nuova Scozia. e finalmente quella già da noi fatta, della frequenza colla quale succede che un' appendice insulare, o isolata o aggruppata, a non grande distanza, faccia seguito al continente; quasi sua sentinella avanzata nei misteriori abissi dell'oceano.

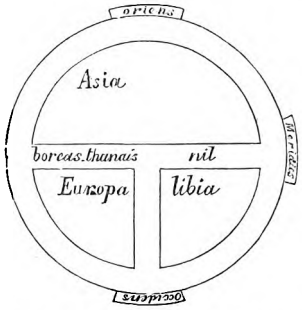


Fig. 180. — *Imago mundi* del manoscritto di Lucano; sec. XII.

Al quale proposito giova ormai procedere con cautela affinchè la morfologia terrestre coll'infinita serie di geroglifici che ci presenta, non si tramuti in libro, dove ognuno legge quanto gli detta la fantasia o quanto

Fig. 181. — Mappamondo islandese del sec. XII.
NB. *Synn b'gd*, significa *terra meridionale*.

possa servire di appoggio ad illazioni dedotte a priori e senza sufficiente fondamento.

Imperocchè se siamo lontani dal tempo in cui Plutarco (1) scopriva nella faccia della luna la immagine riflessa dei quattro grandi e simmetrici golfi terrestri: o da quando Ristoro d'Arezzo (2) poteva dedicare un libro intero, il VI della sua *Composizione del Mondo*, a trattare come si « determina sotto qual parte del cielo, la terra possa esser scoperta; e qual parte del cielo la possa scoprire e mantenere scoperta, per adoperarvi suso »; o dall'epoca nella quale la morfologia terrestre poteva riassumersi nei versi del

(1) *De Facie in Orbe lunæ*, pag. 921. 19.
(2) *Composiz. del mondo*, Daelli, Milano. pag. 145.

Digitized by Google

Dati (1), vero e genuino commentario di molte se non di tutte (Figg. 180 e 181) le *imagines mundi* dei secoli di mezzo; — sono appena trascorsi poche anni da quando le singolari circostanze morfologiche ultimamente accennate erano uno degli argomenti notevoli in appoggio alla teoria dei *diluvî periodici*, che rese celebre il nome dell'Adhémar (2). Secondo lui, la precessione degli equinozî col conseguente spostamento della linea degli absidi, fenomeni cosmici da noi già trattati (3), devono portare l'effetto di tali cangiamenti climatici sul globo, da produrre un enorme accumulamento di ghiaccio, ora nell'emisfero meridionale, ora nel settentrionale. Da tale fatto, il dislocamento di una notevole quantità di massa acquea, e ancora quindi la tendenza continua del centro di gravità terrestre a spostarsi dal punto che esso occupa. Invece però di accedere alla idea di un lento e incessante spostamento di tale centro di gravità, l'Adhémar pensava che le mutazioni di posto avvenissero repentine, onde la necessità di grandi cataclismi diluviali a periodi corrispondenti a quelli seguiti dalla linea degli absidi, cioè pari secondo lui, a 10500 anni ciascuno. In seguito al repentino salto del centro di gravità, il traboccare improvviso della massa oceanica a rimettere l'equilibrio perduto doveva di necessità o produrre alternativamente lo sfacelo dei continenti meridionali a vantaggio dei settentrionali o la ricostituzione di quelli colla ruina di questi, o per lo meno rimaneggiare i continenti esposti all'urto delle onde, dividendone le parti estreme e lasciando così traccie evidenti e cospicue del formidabile cataclisma. Sì l'Adhémar, che pensa l'ultimo diluvio esser provenuto dal nord, come quelli che, partendo da altre supposizioni, lo credono diretto da mezzogiorno a settentrione o forse da sirocco a maestro, tutti trovano nelle figure dell'estremità continentali appoggio alle loro vedute: novella prova del nessun fondamento attribuibile al rinnovarsi periodico dei continenti, mercè siffatti diluvî improvvisi e violenti.

(1) Un T dentro ad un O mostra il disegno
Come in tre parti fu diviso il mondo,
E la superiore è il maggior regno
Che quasi piglia la metà del tondo:
Asia chiamata: il gambo dritto è segno
Che parte il terzo nome dal secondo;
Africa, dico, da Europa: il mare
Mediterran tra esse in mezzo appare.
DATI, *Spera*, L.b. III, Ott. II

(2) *Révolutions de la Mer, Déluges périodiques* par J. ADHÉMAR. 2.e ed., Paris, Lacroix-Comon, 1860. La prima edizione è però del 1842. V. anche GÜNTHER, *Studien zur Geschichte der math. u. phys. Erdkunde* ecc., pag. 188 e seg.

(3) A pag 198.

6. Il ripetersi frequente nella morfologia terrestre di alcune figure geometriche, e del pari la circostanza che un certo parallelismo o una certa simmetria, ovvero ancora la tendenza ad incontrarsi sotto certi angoli dominano negli allineamenti costieri tanto quanto in quelli delle catene di montagne, furono pure argomento ad altro genere di deduzioni singolari e collegate colla genesi del nostro globo. Così nelle sue linee principali si credette di scorgere quasi gli spigoli principali di un poliedro, quale poteva risultare dall'azione di definite forze interne ed esterne, sopra una materia omogenea sì, ma non in guisa perfetta, cioè in modo da presentare delle linee di minore resistenza. Di tal genere sarebbe il *sistema pentagonale* di Elia de Beaumont, giusta il quale la Terra doveva avere la forma di un dodecaedro (Fig. 182), ciascuna delle cui faccie veniva a presentare con ciò la figura di un pentagono. Alcune coincidenze fra le principali linee di frattura, o fra quelle di sollevamento terrestre e quelle delle curve geometriche provenienti dall'aggruppare secondo certe norme gli spigoli del dodecaedro pentagonale, potevano per casi singoli fornire degli argomenti in favore della teoria esposta dall'illustre geologo francese. A noi però sarà permesso di non arrestarvici sì in omaggio all'economia del lavoro, sì e maggiormente ancora, perchè riconosciamo col Lapparent la esistenza di una ragione perentoria, che deve dispensare da qualsiasi ricerca condotta per la via seguita dal de Beaumont, e cioè l'incompatibilità esistente *a priori* tra la figura della crosta terrestre e quella del poliedro accennato. Il dodecaedro pentagonale in mineralogia è caratterizzato dalla proprietà di faccie corrispondenti e parallele a due a due, e di vertici che del pari si corrispondono, collocati come sono all'estremità di uno stesso diametro. Posto ciò, qualora la Terra presentasse siffatta forma poliedrica, le masse continentali dovrebbero offrire dei riscontri nelle regioni antipodi, e antipodi pure dovrebbero essere fra loro le estensioni ocea-

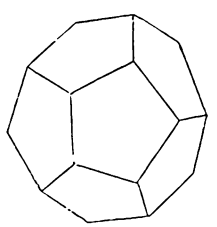


Fig. 182. — Dodecaedro pentagonale.

Digitized by Google

niche. Basta la considerazione da noi fatta a principio di questo capitolo che un orizzonte qualsiasi, posto fra Londra, Roma, Berlino, ad un tempo apparisce essere il polo dell'emisfero continentale, mentre l'orizzonte ad esso antipode risulta ad essere polo di un emisfero oceanico, per escludere affatto la identità della figura terrestre con quella del dodecaedro pentagonale.

Non è tuttavia giusto di giudicare sempre e fin dai primi istanti, siffatti avvicinamenti quali lavori di fantasia senza appoggio scientifico. Certamente pare una bizzarria sistematica, questo cercare nella disposizione delle masse enormemente grandi quell'ordine e quelle figure geometriche che la cristallografia e la microscopia ci mostrano nelle molecole materiali estremamente piccole. Ma però giova riconoscere, come, per esempio, non siano facili le eccezioni da opporre alla teoria proposta alcuni anni fa dal Green (1), secondo la quale il poliedro che corrisponde ai tratti generali della morfologia terrestre è il *tetraedro* (Fig. 183), col suo derivato cristallografico dell'*esatetraedro*

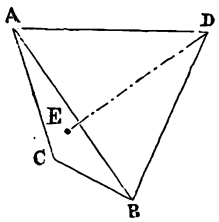


Fig. 183. — Tetraedro.

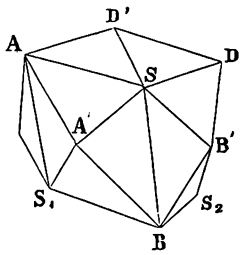


Fig. 184. — Esatetraedro.

(Fig. 184), specialmente se lo si imagini a spigoli curvilinei (Fig. 185) (2). Considerando egli la sfera terrestre come costituita da una serie di cilindri a diametro decrescente e tenendo conto del fatto che lo schiacciamento di tubi cilindrici sottoposti a forte pressione, dà origine a una figura tale che la sua sezione corrisponde ad un triangolo equilatero a lati concavi (Fig. 186) e che le medesime forme presentano le bollicine di gas che si svolgono nell'acqua tanto quanto dei palloncini di gomma allorchè si vuotino con certe precauzioni; — e accettando d'altronde la ipotesi assai accreditata che la superficie terrestre consti di una crosta solida non molta grossa, male sostenuta dall'interno o tutto o in parte fluido, — venne a concludere che la continua contrazione, alla quale la Terra è soggetta, deve determinare in essa un effetto pari a quello dello schiacciamento accennato, cioè deve farle assumere la figura di un solido a tre spigoli principali separati da altrettante concavità. Ora, inscrivendo il tetraedro semplice alla sfera terrestre (Fig. 187) in modo che uno dei suoi assi (ED) coincida coll'asse terrestre ed uno dei suoi vertici (D) sporga alquanto sullo zenit del polo australe, si vengono a segnare dei rialzi e delle concavità terrestri coincidenti in modo singolare colle masse continentali e colle depressioni oceaniche oggi esistenti. Da tale prova risulta un bacino marittimo al polo boreale, simmetricamente opposto a un continente polare australe, una vasta distesa di terra viene ad occupare l'emisfero settentrionale proiettando a mezzogiorno tre rialzi che col loro successivo restringersi danno naturalmente campo

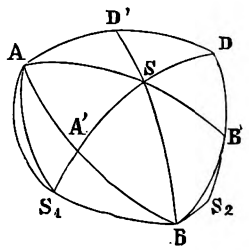


Fig. 185. — Esatetraedro a faccie curve.

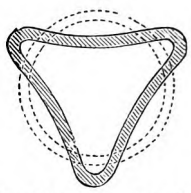


Fig. 186. — Figura che assume, schiacciandosi, un tubo cilindrico.

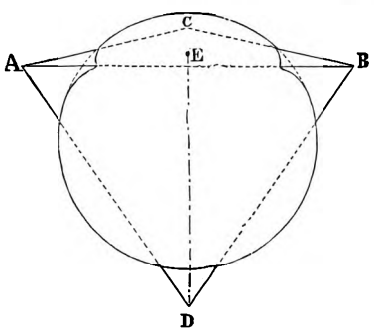


Fig. 187. — Tetraedro inscritto alla sfera.

(1) LOWTHIAN GREEN, *Vestiges of the molten globe*, London, 1875, cit. dal LAPPARENT, op. cit. pag. 1245.

(2) È facile capire come in cristallografia si possa passare da uno all'altro di questi solidi. A ciascuno dei triangoli equilateri del tetraedro *A B C D* (F.g. 183) basterà di sostituire un esagono pari a quello contrassegnato dalle lettere *A D' D B' B A'*, che diverrà base di una piramide, il cui vertice sia in *S*. Con ciò si avrà un esatetraedro, cioè una figura a 24 faccie (Fig. 184); che se s'imaginano curve, costituiscono un solido (Fig. 185) ben poco lontano dalla sfera.

Digitized by Google

a tre depressioni oceaniche (1). Chi si rammenta la divisione delle masse continentali in tre coppie distinte, troverà singolare la coincidenza fra esse e la figura proveniente dal supporre inscritta alla Terra la piramide tetraedrica accennata.

Il Green colla sua teoria va ancora più in là. Egli trova una spiegazione, e veramente semplice ed ingegnosa, ancora a due importanti fatti morfologici da noi segnalati: quello della zona di mediterranei che dividono a mezzo l'emisfero settentrionale, e quello della deviazione orientale dei tre continenti volti a mezzogiorno. Giova anzitutto tener conto della rotazione terrestre, come di un movimento costante, che dominava lo sferoide del globo nostro, tanto prima che avvenisse, quanto dopo avvenuto lo schiacciamento tetraedico. Ora mentre aveva luogo tale schiacciamento, doveva manifestarsi ancora il seguente fatto dinamico. Le zone terrestri intorno ad A, B e C venivano ad allontanarsi dall'asse di rotazione e quindi la velocità iniziale rotatoria, da esse per legge d'inerzia mantenuta, riusciva inferiore a quella che doveva loro spettare per l'aumentato raggio di rotazione. Da tale differenza un *ritardo* rispetto alla zona equatoriale, e quindi uno spostamento occidentale (cioè in senso contrario al moto rotatorio) di quelle masse ed eventualmente una grande frattura delle terre emergenti od emerse. Un'opposta vicenda dovea accadere nell'emisfero meridionale. Qui aveva luogo un avvicinamento all'asse della Terra, per cui le parti superficiali, così accostate all'asse di rotazione e già mosse da una velocità rotatoria maggiore, si trovavano spinte verso levante più che le corrispondenti parti equatoriali, onde uno spostamento orientale delle appendici dei continenti nell'emisfero australe. Il che si ridurebbe a una vera *torsione*, in tale guisa subìta dallo sferoide terrestre.

Forse si potrebbe movere alla teorica del Green un'obiezione fondamentale col domandare le cause che dovevano influire a deprimere la crosta terrestre in modo che la piramide risultante dovesse avere il vertice allo zenit del polo australe invece che a quello del polo boreale, quando nello sferoide terrestre i due poli dovevano necessariamente presentare gli stessi titoli ad essere preferiti. Tuttavia prescindendo da questa e da altre considerazioni analoghe, quanto dicemmo mostra il sommo valore della ipotesi accennata, la quale risponde, in modo singolare e con una mirabile semplicità di spedienti, a molte delle esigenze avanzate dalla odierna morfologia terrestre. Anzi il suo valore apparirà tanto più notevole, quando col Lapparent aggiungeremo che i tratti fondamentali dell'attuale morfologia del globo sono tutt'altro che recenti, ma rappresentano una specie di antichissima *ossatura globi*, intorno alla quale è andata a mano a mano aggregandosi la polpa dei continenti senza che le linee principali dello scheletro abbiano subìto fondamentali trasformazioni, anzi andando lentamente, ma sempre più accentuandosi.

Concludendo: si possono trovare precoci forse e temerarie le teorie che, come quella or ora per sommi capi accennata, tentano di ridurre a poche e semplici basi il problema intricato e complesso riguardante la esteriore configurazione della crosta terrestre; — ma specialmente allorchè esse presentano un aspetto di verisimiglianza pari a questa del Green, non è permesso di lasciarle completamente in disparte. Esse, non foss'altro, mostrano come lo studio della morfologia terrestre, possa fornire copia di documenti importantissimi alla storia della Terra; dacchè ne riassume quasi in una sintesi finale le vicende numerose e svariate.

7. Ma noi vedemmo che a costituire la parte asciutta del globo non concorrono soltanto quelle massime estensioni di terra, che chiamammo col nome di continenti.

Contrapposto sotto molti rapporti alla terraferma, il mondo insulare ne costituisce il vero riscontro, se non le è superiore sotto il punto di vista della moltiplicità di forme e di circostanze sotto le quali esso si presenta. Qua attaccate al continente, come segugi alla preda, là dimenticate e ignorate nelle profonde solitudini degli oceani; — talora affollantesi in legioni infinite e compatte, talaltra isolate o disperse su vastissimi tratti di globo; —e ordinate in figure regolari, e distribuite senza norma veruna; — e imponenti per moli sterminate, e appena rievabili per microscopiche dimensioni: le isole stancherebbero la pazienza di chiunque volesse tratteggiarne in modo evidente e completo la superficiale morfologia.

Una prova ne abbiamo nelle immense dif-

(1) A proposito di quest'ultima conseguenza, è abbastanza curioso il fatto che le più accreditate osservazioni sul pendolo tradiscono lungo le linee mediane degli Oceani una maggiore prossimità al centro terrestre, depressione che si interpreta di consueto con un'attrazione delle acque oceaniche esercitata dai continenti laterali. Di ciò più avanti.

Digitized by Google

ficoltà a cui è andato incontro chiunque ha voluto tentare il problema di una classificazione qualsiasi del mondo insulare. Qui, come quasi sempre, fallisce il criterio delle dimensioni e poco giova quello delle forme. Sì per l'uno come per l'altro di essi, la serie delle categorie potrebbe essere scarsa o innumerevole a seconda del capriccio di chi l'applica, e tuttavia senza costrutto veruno, se si prendono o l'uno o l'altro isolatamente e senza tener conto di altri e ben importanti criterî.

Quei due delle dimensioni e delle forme ora accennati, però non vanno posti in piena dimenticanza. Sovente le dimensioni di un'isola rendono possibile lo sviluppo di flore e di faune, che sopra un semplice scoglio o un breve isolotto non potrebbero vivere; spesso, la forma delle isole e degli arcipelaghi ci rivela il segreto della loro genesi in modo maraviglioso.

Anche il semplice ripetersi frequente di alcune figure nel mondo insulare costituisce per sè solo un fatto meritevole della più grande attenzione. Nessuno può, per es., dissimularsi un senso di curiosità nell'osservare la figura romboidale o rettangolare dell'Irlanda, dell'Inghilterra boreale, dell'isola Quadra o Vancouver, trovare riscontro in quella delle due principali isole, che costituiscono il gruppo della Nuova Zelanda, o in quella della Sardegna e di Giava; la forma lanceolata di Madagascar, ripetersi a Sumatra; quella a goccia allungata offerta da Ceilan, manifestarsi inversa a Formosa; e Hainan rotondeggiare come l'Islanda; e Gilolo (Fig. 188) colle sue appendici bizzarre arieggiare la forma di K, ovvero quella dell'argonauta natante, che Celebes pure presenta; — come nessuno può dissimularsi la importanza della figura a festone che domina gli arcipelaghi asiatici, dalle Aleutine e dalle Curili alle Filippine, o quella a rosario delle Maldive e delle Laccadive, contrapposte al disordine, apparente almeno, secondo il quale si diffondono sporadicamente il più degli arcipelaghi.

Fosse però insufficienza di termini di confronto o coscienza del poco fondamento di siffatto criterio, che dominasse la mente di Strabone, già nella sua *Geografia* troviamo i germi di una divisione delle isole su basi, che senza escludere l'elemento della figura esteriore, si mostrano più sicure ch'esso non sia. « Altre isole, il so » scriveva il dotto geografo d'Amasia « si reputano sortite dal grembo marino, e questa, ne convengo, è l'origine più probabile per quelle poste in alto mare; laddove quelle che giacciono davanti a promontorî, o che sono divise dalle terre per mezzo di stretti, è a credersi che un giorno venissero divelte da queste » (1). È chiaro che Strabone così distinguendo, coll'elemento della distanza dal continente per base, cerca di fissare la classificazione delle isole sopra un criterio assai valido, per quanto di difficile applicazione: quello della loro genesi. È un lampo di luce, che precorre alla distanza di 18 secoli l'intromissione dell'evoluzionismo nella morfologia terrestre.

Ma il germe gittato da Strabone non trovò terreno propizio a svilupparsi fino in epoca relativamente a noi vicinissima, quando cioè quella mente superiore del Kant, senza ripetere nè svolgere proprio l'antico concetto, ma creandone uno di pianta, non classificava le isole in *originarie* e *formatesi in epoche posteriori*, distinguendo quelle in *vulcaniche* (eruttate o prodotte dai tremuoti e *nettuniche* (prodotte dal mare o dagli animali che vivono in esso): queste, in isole *staccate violentemente* dai continenti ovvero *rimaste a reliquie* dei continenti medesimi lentamente affondati. In parziali tentativi di classificare geneticamente almeno qualche serie di isole, Emanuele Kant era stato preceduto dal Forster e seguìto specialmente dal Chamisso e dal Darwin; ma il merito di aver ripreso la trattazione del soggetto con vedute larghe e generali va fatto sopratutto al Peschel fra i Tedeschi e al Wallace fra gl'Inglesi seguiti fra altri dal Malfatti in Italia e dal Kirckhoff e dal Richthofen in Germania (2).

(1) STRABONE, *Geografia*, VI, 6. Nella *Géographie de Strabon*, trad par TARDIEU (Paris, Hachette, 1867), vedi vol. I, pag. 430. Sulla formazione d'isole vedi anche libro I, 3, 15, idem pag. 96.

(2) Delle opere citate a pag. 233, cnfr specialmente: KANT, *Geogr. fis.*, vol. III, da pag. 71-158; — STOPPANI *Corso*, ecc. vol. 1. pag. 370 e 481; — HUGUES, *Geogr. fis.*, pag. 22 e 395; — HANN, HOCHST., ecc., pag. 380; — RECLUS, I. pag. 694 e seg, 793 e seg; — PESCHEL, *Neue Probl.* ecc., pag. 24 e seg.; — id., *Physische Erdk.*, I, pag. 392 e seg. 486 e seg.; — LAPPARENT, op. cit., pag. 344 e 424; — GEIKIE, op. cit. pag. 464; — LYELL, op. cit. vol. II, pagina 579; — MALFATTI, op. cit. *Le isole*, pag. 135 e seg. Cnfr. altresì gli scritti speciali seguenti: KIRCHHOFF ALFR, *Wie die Inseln im Meer enstanden sind*, in *Deutsche Revue*. 1879, Januar, pag. 96 e seg.; *Das genetische Inselnsystem* in *Zeitschr. für wissensch. Geogr.*, B. III, 1882, Heft. 4.°, pag. 169; — RICHTHOFEN F. v., *Bemerkungen zum genet. Inselsyst.*, id. ib., Heft 6. pag. 241: — DARWIN CHARL., *Les Récifs de Corail, leur structure et leur distribuction*, *trad. par* M. L. COSSERAT. Paris, Germer Baillière, 1878; — id., *Viaggio di un naturalista intorno il mondo. trad. da* MICH. LESSONA. Torino, Unione tip. tor., 1873; — MARINELLI G., *Carlo Rob. Darwin e la geografia*. in *Atti del R. Istit.-Veneto*, Vol. VIII, ser. V, Venezia, 1882: — DANA. *Corals and Coral Islands*, Londra, 1872; — *Coral Reefs* in *The Encyclopaedia Britannica* ecc. Ninth Edit., vol. VI Edinburgh, Adam and Black, 1877, pag. 377.

Digitized by Google

È indubitato che per trattare a fondo siffatto soggetto sarebbe mestieri che ormai noi avessimo già toccato di tutte quelle cause dinamiche che cooperano in una guisa qualsiasi a modificare la crosta terrestre. L'isola è un piccolo mondo, alla creazione del quale concorrono o possono concorrere tutte le forze demolitrici o ricostruttrici operanti sul globo, dalle azioni endogene della vulcanicità a quelle biologiche dei coralli, forze delle quali noi ben tratteremo a suo luogo, ma della cui esistenza e della cui natura ancora non abbiamo edotto il lettore. Eppure il fondamento razionale, che miriamo a dare a qualsiasi parte del nostro lavoro, ci obbliga a supporre per un momento in chi ci legge quelle nozioni che svilupperemo più ampiamente dappoi.

A nostro avviso, una classificazione delle isole si può sempre basare o sulla loro genesi, o sulla loro successiva evoluzione, tanto se ci richiamiamo direttamente alle *cause* che le hanno prodotte, quanto alle *relazioni* ch'esse eventualmente ebbero od hanno colle masse continentali, sieno queste oggi scomparse o si mostrino tuttora emerse dall'Oceano.

La crosta terrestre oscilla senza posa, ora con una lentezza straordinaria da renderne appena percettibile il moto; ora con una violenza estrema e subitanea tanto da produrre effetti disastrosi e tremendi; ora finalmente fendendosi improvviso ed eruttando fiamme, fuoco, fumo, cenere, lapilli, lave in copia diversa.

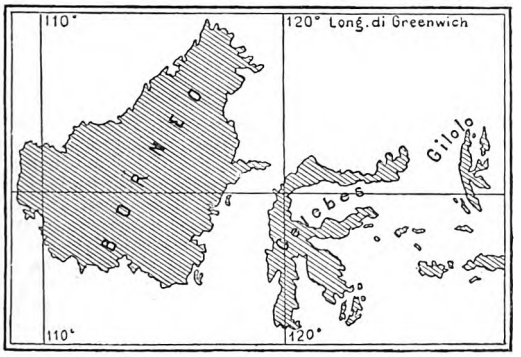


Fig. 188. — Celebes e Gilolo.

Ecco dunque che, qua sollevandosi lentamente, là lentamente deprimendosi, può il fondo oceanico nel primo caso affiorare colle punte sue prominenti, ovvero può quella parte del globo, alla quale adesso suona male appropriata la denominazione di *terraferma*, deprimersi sotto le onde, lasciando scoperte soltanto quelle sue plaghe che per lo innanzi formavano i suoi altipiani, le sue supreme vette alpine. Ancora, può un vulcano sottomarino projettare tanto materiale da creare un cono, che vinca lo spessore delle onde e la loro potenza demolitrice; può, anche senza arrivare a tanto, vomitarne a sufficienza perchè ridotto in materiale sedimentare venga dai flutti portato altrove a creare delle masse asciutte o ad aumentare le già esistenti; possono finalmente un vulcano o un terremoto produrre un violento distacco di una porzione continentale o almeno aiutare l'opera di erosione, intorno alla quale altri agenti tellurici si affaticano.

Da tale vario lavorìo, una copiosa serie di formazioni insulari, soltanto in virtù di forze *endogene*, cioè aventi lor sede nell'interno del globo.

A queste azioni si aggiungano quelle che provengono dalle cause *esogene*, atmosferiche od oceaniche, sia che operino esse pure erodendo, lacerando e staccando, ovvero che agiscano trasportando e sedimentando il materiale da esse o da altre cause prodotto; — si aggiunga da ultimo l'azione demolitrice od edificatrice che gli esseri viventi esercitano specialmente negli abissi oceanici, sia direttamente ed attivamente, sia in guisa secondaria, fornendo, ad esempio, coi loro resti un tributo al materiale sedimentario, e si comprenderà con quanta varietà di applicazioni s'impieghino le forze, originariamente semplici, della natura, alla costruzione delle isole. Tuttavia, ad onta della complicata applicazione di tali forze, le serie delle isole, classificate in ordine alle forze che le produssero, per noi si possono ridurre a poche ed assai semplici e cioè:

1.° isole formate per forze inorganiche;

a) *da agenti endogeni* { per sollevamento, per depressione, per sismovulcanicità (1);

b) *da agenti esogeni* { per erosione, per trasporto e sedimentazione (2);

2.° isole formate per forze organiche, e quindi

c) *da agenti biologici* { per aggregazioni prodotte da funzioni biologiche (madrepore), per contributo passivo al materiale sedimentare.

(1) E queste ultime: *a*) per formazione diretta: *b*) per distacco violento o per aumento di erosione; *c*) per produzione di materiale sedimentare.

(2) Tanto la erosione, quanto il trasporto e la sedimentazione possono provenire da queste principali origini: *a*) atmosferica (compresevi anche le cause celesti); *b*) glaciale; *c*) fluviale; *d*) oceanica.

Digitized by Google

Nessuno tuttavia può dissimularsi una considerazione: che cioè le forze riassunte or ora non agiscono mai isolatamente, anzi che il più spesso si uniscono assieme nel rimaneggiare in varia guisa le diverse formazioni terrestri, sicchè apparisce difficilissima cosa non tanto assegnare ad una data isola la causa che l'ha generata, quanto determinare il rapporto, secondo il quale ognuna delle singole forze ha concorso a produrla. Nemmeno delle pochissime isole, che si conoscono come produzioni dei vulcani sottomarini, si può dire con sicurezza, che non abbia concorso a formarle un tardo movimento generale del fondo o ad accrescerle il sedimento oceanico, sia biologico o meno; e lo stesso dicasi delle isole madreporiche, sempre o quasi sempre collegate, come vedremo, a fenomeni di sollevamento e di depressione.

La stessa difficoltà s'incontra nello sviluppare con più ampii, e in parte diversi, criterî la classificazione kantiana delle isole, in ordine alle *relazioni* ch'esse possono avere coi continenti attuali o con continenti sommersi. Noi riassumiamo una siffatta classificazione, distinguendo le isole in: 1°) *continentali* e 2°) *non continentali* o *neoformazioni*. Quelle fecero parte o di continenti attuali e ne furono separate in epoche più o meno antiche; ovvero di continenti ora sommersi ed esse ne sono le reliquie. Le neoformazioni possono diventare nuclei di nuovi continenti e possono distinguersi a loro volta, giusta l'origine, in vulcaniche, madreporiche, sedimentari e isole prodotte da recente sollevamento.

A voler schierare tutte le isole note, od anche solamente le principali, sotto una od un'altra delle classi da noi accennate, sarebbe opera difficilissima e poco proficua, riflettendo altresì che vastissimi spazî di mondo sono ancora una vera incognita per la scienza geologica. Imperocchè è specialmente a questa scienza sorella che la geografia dovrebbe ricorrere, qualora essa mirasse allo scopo, adesso temerario, di voler classificare metodicamente e completamente tutto il vasto e complicato mondo delle isole. Ma non alla geologia soltanto. Molto in tale ricerca può ricavare il geografo da altri criterî, alcuni dei quali di sua propria spettanza: quelli delle dimensioni e della morfologia esteriore, tanto quanto quelli della corologia, o dicasi, della distribuzione delle isole nello spazio. Altri ed importanti aiuti egli poi può trarre dalla botanica e dalla zoologia. Dunque il geografo, anche in questo, come in altri campi di studio, oltre la funzione autonoma che gli spetta, esercita quella di intermediario fra varie discipline sorelle a completa illustrazione di uno speciale soggetto di studio e di ricerche.

Vero è che il certificato di origine più sicuro di un'isola è la natura del suo terreno; quindi, se vogliasi conoscere s'essa sia continentale o meno, ovvero se appartenga o no a qualcuno degli attuali continenti, e quale esso sia; giova ricorrere all'esame della sua costituzione geognostica. Così ad esempio la identità, non soltanto dei terreni *giurassici* (1) e *neocomiani*, in una parola *secondarî*, ma sì ancora dei *terziarî* della Cornovaglia e in genere della Inghilterra meridionale, con quelli delle coste francesi ch' essi prospettano, affermano evidentemente che la Gran Brettagna un tempo costituiva una parte annessa e connessa coll' Europa, e che la plaga evidentemente cretacea, alla quale fu imposto il nome espressivo di *bacino anglo-francese*, dovea formarne l' ampio ponte di congiunzione.

Così i gneiss (2) e i terreni carboniferi, e anche in questo caso gli stessi terreni terziarî della estrema Calabria trovano una così esatta corrispondenza in quelli della Sicilia, da mostrare evidente come quest'isola sia una pura e semplice continuazione dell'Italia, dalla quale dev' essersi per giunta staccata in un periodo geologico relativamente recente.

Ma il carattere continentale della Gran Brettagna e della Sicilia e la pertinenza di entrambe a quel continente, a cui stanno di prospetto, risultavano evidenti anche da altri criterî, che non fossero strettamente il geologico.

(1) Rammentiamo al lettore come i geologi dividano la storia della Terra in *ere* ed in *epoche*, la cui antichità si determina secondo la natura dei terreni e dei fossili, che vi si trovano incastrati. A tali ere ed epoche non si può assegnare una determinata lunghezza; ma ritenendo la durata di ciascuna di esse assai grande, si può però loro assegnare un ordine di successione. Così la prima era, fu quella in cui sulla crosta terrestre nei primi mari si deposero gli antichi sedimenti detritici, si formarono le più antiche roccie d'origine chimica, e avvennero i primi fenomeni vulcanici. A questa era si dà il nome di *primitiva* od *azoica*, cioè *senza vita*, perchè i terreni che le appartengono mancano affatto di fossili. Seguono in ordine di tempo la *primaria* o *paleozoica* (colle epoche del *laurenziano*, *cambriano*, *siluriano*, *devoniano*, *carbonifero* e *permiano*), — la *secondaria* o *mesozoica* (colle epoche del *triasico*, *giurassico* e *cretaceo*), — la *terziaria* o *cenozoica* (colle epoche dell'*eocene*, *miocene* e *pliocene*), — e finalmente la *quaternaria* o *mesozoica* o *neozoica*, nel cui ultimo periodo (*antropozoico*) è segnalata la comparsa dell'uomo.

Il *neocomiano* spetta alla serie dei terreni cretacei.

(2) Il *gneiss* o *granito venato* è una roccia feldspatica, con *mica* distribuita a laminette parallele, tale da dargli l'aspetto di varie zone bianche e nere. È una roccia cristallina appartenente alle più antiche formazioni geologiche.

Digitized by Google

Non potevano, ad esempio, sfuggire al geografo la notevole prossimità dell'una alla Francia, dell'altra alla Calabria, per cui tra Douvres e Calais non intercedono più di 40.5 chilom. (1) e la minima larghezza del Faro di Messina non supera i 3050^{m} (2); nè la corrispondenza delle coste bagnate nell'un caso dalla Manica e dal mare del Nord, e nell'altro dal Jonio e dal Siculo; nè da ultimo la non grande profondità marittima degli stretti attualmente interposti tra le due masse insulari e i rispettivi continenti. In nessuno dei punti del passo di Calais interposti tra il capo Grizz-Nez in Francia e Douvres in Inghilterra lo scandaglio rivelò profondità maggiori di 45 o 50^{m}, e parimente, se all'altezza della punta di Peloro lo stretto siculo s'affonda anche a 270 o a 280^{m}, lungo il tratto sul quale vennero adagiati i cordoni telegrafici, cioè tra Canzirri in Sicilia e punta Pezzo in Calabria, nemmeno lungo il filone, la profondità non supera i 130 o 140^{m}. A confermare l'antica congiunzione delle terre ora staccate, i criterî geografici troverebbero appoggio nell'esame delle flore e delle faune, le quali nelle isole britanniche appariscono identiche a quelle dei paesi posti pressapoco alle stesse latitudini sul continente europeo e che prospettano le coste inglesi, e cioè alla fauna e alla flora iberica e francese corrispondono quelle delle coste meridionali, alle tedesche quelle delle coste orientali, alle norveghe quelle delle coste scozzesi. Naturalmente la identità delle specie vegetali ed animali tra la Sicilia e l'Italia ha minor valore, a fissare una connessione fra queste due terre, stante che appunto la loro estrema vicinanza spiega una grandissima agevolezza di emigrazione; ma non è probabilmente casuale che ben prima che la geologia lo confermasse colle sue asserzioni, fosse comune l'avviso che l'isola e il continente fossero stati staccati una dall'altro, nè che i poeti con Virgilio (3) ripetessero come

. . . . . protinus utraque tellus
Una foret: . . . . . ;

o con Claudiano (4) che

. . . . . Trinacria quondam
Italiae pars una fuit.

(1) Strelbitsky, op. cit., pag. 219.

(2) Misure mie sulla carta che rappresenta il *Piano della parte settentrionale dello stretto di Messina*, giusta i rilievi del capitano C. Rossi (1877); Scala, 1 : 3000. Pubblicato nel 1881 dall'Ufficio Idrografico della R. Marina italiana. Il Reclus dà 3147^{m}; lo Strelbitsky, 3500^{m}.

(3) *Eneide*, III.

(4) *Ratto di Proserpina*, libro 1.°, verso 142 e seg.

E fra il distacco delle isole Britanniche e quello della Sicilia dal continente rispettivo vi è ancora una fondamentale differenza. Quello, secondo ogni progabilità, si deve in prima linea ad un lento movimento di discesa di tutta la regione circostante alla Manica e al mar del Nord, aiutato nei suoi effetti indubbiamente, ma in misura più modesta, dalle erosioni dell'oceano e dell'atmosfera, ed eventualmente da qualche commozione sismica avvertita dai frastagliamenti stessi degli arcipelaghi inglesi; in questo della Sicilia è difficile dire quale debba essere stata la forza preponderante, se il lento abbassamento del suolo, o soltanto commozioni del medesimo (1), o finalmente il mare colla forte corrente e coi varî flussi e riflussi, coi quali lo spazza (2). Certo è che come questa è una delle zone più celebri al mondo per potenti convulsioni del suolo, così lo è, da quando le voci di Scilla a Cariddi assunsero il loro pauroso significato in poi, anche per agitazioni marittime.

Invece un esempio notevolissimo della potenza erosiva dell'oceano, capace da sola di creare delle nuove isole, tanto quanto di distruggere le antiche, può essere offerto dal mar del Nord, dove l'isola di Helgoland, la « terra dai banchi inondati » va lentamente demolendosi tanto da prevederne l'epoca in cui di essa rimarrà soltanto la memoria (3), mentre una nuova isola, quella di Fendissel, che termina al capo Skagen, è stata creata per violento distacco avvenuto in questo stesso secolo (4). Diffatti l'azione del mare qui non si limita soltanto a demolire la costa dell'Jutland (lungo la quale l'e-

(1) . . . . . Vi quondam et vasta convulsa ruina
Dissiluisse ferunt . . . . . .
Virgilio, Ivi.

(2) . . . . . ; sed Pontus et aestus
Mutavere situm; rupit confinie Neraeus
Victor, et abscissis interluit aequore montes.
Claudiano ivi.

Sono celebri le *reme montanti* e *scendenti* lungo lo stretto e quei refoli e vortici pericolosissimi che ivi si chiamano coi nomi di *scale di mare* e di *garofali*. Ch'essi poi abbiano una potenza erosiva sufficiente ad agire a profondità notevoli come quella dello stretto, questo è quanto riesce difficile a credersi. Ma di ciò altrove.

(3) Réclus, *Nouv. Geogr.*, vol. III, *L'Europe centrale*, Paris, 1878, pag. 731. L'antico nome di Helgoland, cioè Hallaglun, Hallig-Land, significa appunto la *terra dai banchi inondati*. Il Réclus mette però in guardia contro la idea di una rapidissima demolizione di quanto ora rimane dell'isola di Helgoland, pur nel medio evo estesa sopra una superficie centupla dell'attuale.

(4) Marsh Giorgio, *L'uomo e la natura*, 1870, Firenze, Barbera, pag. 565; — Guthe Wagner, II, pag. 366; — Réclus, ibid., vol. V., *L'Europe Scandinave et Russe*, Paris, 1880, pag. 7.

Digitized by Google

rosione, tra il 1815 e il 1839 produsse una asportazione annua di ben *sei* metri di spiaggia), ma nel 1825 e poi di nuovo nel 1863 apparve così violenta che presso Agger restò sormontata e rotta l'Harboöre Tange, una stretta lingua di terra che formava il fondo del Limfiord, lungo e accidentato golfo sfociante nel Kattegat, per cui congiunto questo con una nuova via al mar del Nord, la porzione boreale dello Jutland, ne rimase staccata.

Qualora si sia costretti a limitarsi al criterio puramente geografico, le isole continentali si riconoscono specialmente dalla loro forma e dalla prossimità ai continenti. Del pari giova osservare come, spesso, dei veri affollamenti di isole si notino lungo le terreferme e di fronte alle più forti correnti marittime, prevalentemente sulle coste occidentali dei continenti, alle quali il mare sembra mover guerra. Vedasi perciò l'Asia e l'America, e non ad obiezione, ma, per chi conosce il contegno delle correnti, a completamento del concetto, l'arcipelago occidentale della Patagonia, il Britannico, lo Scandinavo, le isole Danesi ed altre ancora, quello esposto alla corrente di Humboldt, questi ultimi alla corrente del Golfo.

Nelle regioni polari o prossime ad esse, un'altra causa della formazione di isole continentali può risedere anche nell'azione dei ghiacci, i quali, come servono o a costruire o per lo meno (e avremo occasione di vederlo) a riempire e a formare i frastagliati *fiords*, così possono cooperare a rodere le coste, come già fecero e come fanno attualmente nelle vallate alpine. E come in queste, allorchè un ghiacciaio si biforca, sul punto di biforcazione si depone una *morena d'ostacolo* (1), una formazione analoga dovrebbe aver luogo presso le ramificazioni dei fiords o lungo le frangie costiere da loro costituite. E certo poi che la forma a fiord va sempre accompagnata da numerosi arcipelaghi, sia nelle regioni polari o subpolari: Scandinavia, Scozia, Groenlandia, Vancouver, Aliasca, Camsciatca, Patagonia, sia anche in quelle poste a latitudini medie, Dalmazia e Nuova Zelanda.

Esempi d'isole continentali, sieno esse staccate per violenta convulsione di suolo, o per lenta depressione, o per erosione o per tutte tre le cause, in un tempo non estremamente antico, sarebbero: l'arcipelago Danese e lo Scandinavo, il grande arcipelago del passaggio Nordovest, le grandi Antille, le isole che costeggiano il lito di ponente dell'America Settentrionale dall'isola Vancouver al gruppo della Nuova Norfolk, le isole Magellaniche e quelle che costeggiano la costa occidentale della Patagonia fino all'isola Chiloe, le Curili e l'arcipelago del Giappone e i suoi prolungamenti insulari fino al mar Cinese meridionale, badando però che molte tra le ultime nominate, presentano dei fenomeni vulcanici cospicui tanto da imprimer loro un carattere misto, prevalendo di consueto il continentale.

Generalmente le isole continentali formavano parte del continente più vicino, della cui orografia mostrano tuttora sovente essere la prosecuzione. Così per esempio, le isole della Dalmazia, il gruppo delle Toscane, delle Pontine, delle Partenopee, Eubea e le Cicladi nell'arcipelago Greco palesano evidente la loro correlazione colla terraferma più prossima.

Ma la vicinanza ad un continente qualsiasi non basta a dar prova decisiva che un'isola abbia appartenuto ad esso, anzi talvolta criterio siffatto è vinto da argomenti contrari del genere di quelli accennati. Così mentre l'arcipelago Toscano, spetta senza dubbio alla terraferma Italiana, dalla quale lo separano profondità marine variabili da 50 a 100^{m}; al di là di esso e verso la Corsica, il mare s'inabissa notevolmente e fino a 400 e anche a 700^{m}, e fra le coste napoletane e la Sardegna fino anche a 2000^{m}. D'altra parte le roccie granitiche e i gneiss del sistema sardocorso non trovano riscontro nel sistema apenninico, e nella flora e nella fauna delle due isole si rivelano tuttora delle notevoli divergenze, rispetto a quelle del rimanente d'Italia. Al di là della Corsica e della Sardegna la profondità del Mediterraneo indica ancora, assieme ad altri fatti, che le Baleari formano esse pure un piccolo mondo a sè, qualora esso non sia già stato in altro tempo congiunto alla penisola Iberica.

Un'analoga corrispondenza tra le profondità e gli speciali caratteri di due regioni insulari diverse si manifesta nel vasto arcipelago delle Indie Orientali. Noi, seguendo l'autorità del Wagner, ritenemmo che la linea divisoria tra l'Asia e l'Australia, cadendo appena oltre l'estremità occidentale della nuova Guinea venisse a schierare fra le isole Asiatiche tutto l'arcipelago delle Mo-

(1) Vedi nel capitolo delle NEVI e GHIACCIAI.

Digitized by Google

lucche e le piccole isole della Sonda, indotti a ciò da varie ragioni di convenienza geografica che sarebbe lungo e adesso fuor di luogo esporre. Ma realmente, mentre nello stretto di Torres, nel golfo di Carpentaria e nel mar di Arafura da un lato, e in tutto il mar di Giava e in quello della Sonda dall'altro, lo scandaglio non discende in nessun luogo a profondità maggiori di 50 o 60^{m}; — lungo il canale di Macassar, tra Borneo e Celebes, esso presenta un'insolcatura profonda anche 3 o 400^{m}, in nessun punto meno di 90^{m}, e che prosegue inabissata fino a coinvolgere, meno Bali, tutte le piccole isole della Sonda: Lomboc, Sumbava, Flores e le consorelle (1). Ora, recenti osservazioni mostrarono che alla separazione indicata da quella insolcatura corrisponde una recisa divisione biologica, per la quale flora, fauna e financo le razze umane delle isole poste ad oriente di quel canale, spettano al mondo australiano, quelle poste a ponente all'asiatico (Fig. 189).

Fig. 189. — Collegamento tra l'Asia e l'Australia e presunta antica estensione del continente australiano.

8. Non è molto facile trovare delle isole, che si possano giudicare senza dubbio alcuno reliquie di continenti sommersi. Tuttavia per molti geografi (2) tali appariscono, per es., Madagascar particolarmente, e Ceilan. In realtà il canale di Mozambicco interposto tra l'Africa e Madagascar è profondissimo, cioè non meno di 2500 o 2800^{m}, e quest'isola, geologicamente diversa dall'Africa, possiede una flora e una fauna autonome e singolari (1); e flora e fauna in gran parte indipendenti da quella del Decan vivono nell'isola di Ceilan, cosa tanto più meravigliosa, vista la sua vicinanza alla terraferma alla quale una serie di scogliere, il cosiddetto *ponte di Ruma*, quasi la unisce traverso lo stretto di Palk. Quindi, considerate le somiglianze tra piante e animali che si notano nei varî arcipelaghi dell'oceano Indiano, venne posta la ipotesi ch'esse tutte formassero i resti di un vasto continente sommerso, costituito da Madagascar, dalle granitiche Seicelli, dalle Comore, dalle Maldive, dallo Laccadive delle Ciagos, (Chagos), dal banco di Sahia de Malha e forse dalle Chiling (Keeling) o Cocos, e al quale si diede anche il nome di *Lemuria* dai *lemuridi*, gruppo di proscimie a coda di volpe, comune a questa regione e diffuso soprattutto a Madagascar. Senonchè altre ricerche mostrano pure esistenti alcuni riscontri dei regni animale e vegetale dell'Africa australe col Madagascar e d'altra parte i recenti scandagli dell'oceano Indiano(2) ci avvertono che quest'isola, coi gruppi contermini a tramontana e a greco, è circondata (meno che verso ponente) da abissi enormi, nei quali il piombino si sprofonda per 4000 e 4500^{m}, ed eguali abissi separano le isole Ciagos dalle Maldive, come limitano Ceilan a mezzogiorno e probabilmente occupano tutta la regione insondata frapposta tra Madagascar e l'Australia. Ond'è che adesso apparisce più probabile l'antica congiunzione di quell'isola all'estremità del continente africano e di Ceilan al Decan, anzi probabile ancora che il loro distacco sia avvenuto in un'epoca geologica non molto lontana. Quanto alla Lemuria, posto anche ch'essa abbia esistito, già nell'era terziaria deveva essere discesa sotto le onde, per cui rispetto alla odierna costituzione geografica di quelle regioni ed al periodo storico, essa può relegarsi fra le ipotesi fantastiche senza fondamento.

(1) Krümmel, *Tiefenkarte des Indischen Oceans*, 1880 in *Zeitschr. für wissensch. Geogr.*, II; *Tiefenkarte des australasiatischen Mittelmeers* Sc. I: 1 $^{1}/_{2}$ milione. Id. I.

(2) Malfatti, pag. 169; — Hugues, p. 2.ª e 437; — Hillyer-Giglioli, in *Boll. soc. geogr. it.*, vol. X, fasc. 4.°. pag. 11; — Hann, Hochst, *et* Pock., pag. 92; — Bertacchi Cosimo, *Dei movimenti del suolo nell'isola di Madagascar* (*Annuario dell'Istit. tecn. di Bari* 1882), Bari Cannone 1883.

(1) Dicasi lo stesso della razza malgascia, che l'abita e che non avendo attinenza apparente alcuna coi popoli dell'Africa, parla una lingua affine agl'idiomi malesi.

(2) Vedi la citata carta del Krümmel.

Digitized by Google

E nello stesso campo ancora va ricacciata quell'altra ipotesi dell'*Atlantide* (1), grande terra occidentale, già sognata da Platone nel suo *Timeo* e voluta anche da molti geologi moderni, l'Heer, il Murray ed altri. Secondo tale ipotesi scientifica, ancora nell'epoca miocenica un vasto continente collegava l'Europa all'America settentrionale, e ne sarebbero indizio varî fatti di natura diversa, e testimoni, fra altri, quelle reliquie delle Azzorre, di Madera e delle isole del capo Verde, le cui flore presentano molte specie endemiche e delle singolari divergenze dalle flore dei continenti ad esse più prossimi, e forse la stessa anomalia nella flora originaria di S. Elena, già avvertita dal Darwin (2). Però i grandi abissi oceanici, che segnano il fondo dell'Atlantico (3), anche in questo caso rendono assai grave ammettere una sommersione continentale così notevole avvenuta dall'epoca miocenica a noi, mentre a spiegare le identità di specie avvertite per quell'epoca non è necessaria l'esistenza di un tale continente, quando è accettata l'idea, generalmente consentita, di un continente artico, che poteva egregiamente servire da intermediario tra Europa ed America (4).

Quanto si disse dei continenti ipotetici, che dovevano sorgere un tempo dagli attuali fondi dell'oceano Indiano e dell'Atlantico, sarebbe d'uopo ripetere pel Pacifico, nel quale Leopoldo de Buch ammetteva l'antica esistenza di un vasto continente, al quale i limiti sarebbero segnati dalla Nuova Zelanda, dalle isole Norfolk, dalla Nuova Caledonia, dalle Nuove Ebridi, dall'Arcipelago Salomone, dalla Nuova Brettagna, dalla Nuova Irlanda, e dalla Nuova Guinea. È un problema questo collegato altresì colla formazione delle isole coralline, sul quale dobbiamo ancora arrestarci; — però fin da adesso si può dire come cosa generalmente ammessa che la Nuova Zelanda già abbia formato parte di un continente più vasto, fosse poi lo stesso o diverso da quello di cui un altro avanzo sarebbe l'odierno continente australe (1) e dal quale a dir vero lo separano profondi abissi oceanici.

Quantunque più lontano dalla sfera delle ipotesi, anche il problema della vulcanicità di un'isola non è tra i più facili a risolversi. Anzitutto qui si va incontro ad una difficoltà, derivante dal diverso valore che si può attribuire alla parola *vulcanico*. I più dei geologi distinguono nella storia del globo due grandi periodi eruttivi: l'antico o primordiale, dal quale provengono i graniti, i gneiss, i porfidi, in una parola quelle roccie che solevano classificarsi come *plutoniche;* il moderno, dal quale provengono i basalti, le trachiti, i tufi vulcanici, le pozzolane, le lave, cioè le roccie, secondo la vecchia classificazione, giudicate come *vulcaniche*. Il primo periodo, preponderante nelle più antiche ere geologiche, arriva colle sue ultime manifestazioni anche nell'era secondaria, il secondo periodo comincia nella terzaria (eocene) e prosegue tuttora.

Un'altra e notevole scuola invece giudica vulcaniche tutte le roccie eruttive, ritenendo come prodotte da *vulcani subacquei* quelle che un tempo si chiamavano generalmente plutoniche, e come prodotte da *vulcani subaerei* le altre, già anteriormente chiamate vulcaniche. Seguendo quest'ultima classificazione quindi, non soltanto la maggior parte delle isole, ma la ossatura complessiva delle terre emerse sarebbe vulcanica.

Naturalmente non è in questo senso che noi adoperiamo la qualifica di *vulcanico*, quando parliamo di accidenti geografici. Prima d'ogni altra cosa il carattere vulcanico di una regione è contrassegnato da un apparato esteriore più o meno recente, sul genere di quelli che descriveremo parlando dei vulcani, e che di consueto è tanto meno rilevante quanto più esso è antico; poi questo carattere vien confermato dalle roccie di cui è costituito il suolo. Siccome i più antichi e ormai demoliti apparati vulcanici non appariscono oltre al terziario, è dunque fin a quell'epoca, tutto al più, che al geografo conviene rimontare nel far uso del vocabolo vulcanico, concorde in ciò col più dei geologi.

Anzi ad esso appare opportuna altresì un'al-

(1) Malfatti. pag. 217; — Roisel, *Les Atlantes*, Paris. Germer Baillière, 1874; — Moreau de Jonnès (*L'Océan des Anciens* ecc. Paris, Didier, 1873), pensa che l'Atlantide si debba cercare nel Mar Nero. Quanto all'ipotesi dell'Atlantide sostenuta dall'Heer, dal Murray, dall'Unger, dal Saporta e combattuta dal Lyell e da altri, vedi anche Hillyer Giglioli Enrico, *Ricerche intorno alla distribuzione geografica generale o corologia degli animali vertebrati* in *Boll. della soc. geogr. ital*, Anno VII, 1873, vol. X, fasc. 3, pag. 10.

(2) *Viaggio*, pag. 419.

(3) Stoppani. *Corso di geologia*, II, pag. 1061; — Lyell, *Geol.*, I, pag 265.

(4) Vedi la nostra Tavola delle Profondità dell'Oceano Atlantico.

(1) Vedi però la fig. 189 e la nostra Tavola delle Profondita' dell'Oceano Pacifico.

Digitized by Google

tra distinzione, cioè quella tra isole vulcaniche *antiche*, cioè costituite da terreni vulcanici precedenti all'epoca attuale, ed isole vulcaniche *recenti*, sorte in questa. Non è difficile trovare delle isole prevalentemente costituite di roccie vulcaniche, antiche: Capraia, Ischia, Procida, Ustica, le Lipari colle loro trachiti, Pantelleria, la Galita (1), il nucleo di Santorino, molte tra le isole scozzesi, fra le quali celebre quella di Staffa colla grotta basaltica di Fingal, le Färoer, probabilmente l'Islanda, le Azzorre, le Gallapagos (2), l'Ascensione, le isole del capo Verde, il gruppo settentrionale delle Marianne e molti allri complessi insulari possono o parzialmente o nella totalità essere considerate come tali.

Invece non è numerosa la serie delle isole che si debbano giudicare essenzialmente come vulcaniche recenti. Se si badasse soltanto a quelle che presentano nel loro grembo copia di cospicui apparati vulcanici, il loro numero sarebbe grandissimo e noi le troveremmo disperse su tutta la superficie del globo. Ma, come vedremo a suo luogo, per quanto sia terribile e imponente il fenomeno di una eruzione vulcanica e gigantesco il gitto della materia ch'essa emette, confrontandolo colle forze e colle dimensioni del corpo umano; — un vulcano attuale non può essere considerato più che un sottile spiraglio della crosta terrestre, che non ne costituisce mai nemmeno localmente l'ossatura, che non produce neanche nei suoi più tremendi parossismi, degli spostamenti rilevanti di strati, se non entro un perimetro assai limitato, che da ultimo esercita sulla morfologia terrestre un'azione ristretta al semplice accumulamento e alla difusione della materia eruttata all'intorno dell'apertura donde essa vien lanciata. Quindi è ardito classificare come vulcanica un'isola per il fatto soltanto che possiede uno o più vulcani, anche se, sia per la copia di questi, come per la potenza delle eruzioni, essi, e ciò avviene sovvente, sieno stati capaci di distendere sul suolo circostante le proprie dejezioni di fango, di cenere, di lava per estensioni notevolissime in guisa da dissimulare gli strati sedimentari o cristallini costituenti l'ossatura dell'isola. Senza che formiamo esempî, di cui uno, come vedemmo, può essere fornito dalla stessa Sicilia, la quale ad onta che sia sede di uno fra i più giganteschi vulcani del globo, va giudicata principalmente come isola continentale; — generalmente le isole cosiddette vulcaniche, anche come quelle che si allineano intorno alla terraferma, si debbono ritenere di natura mista con prevalenza del carattere continentale, e propriamente vulcaniche recenti quelle formate in modo esclusivo da vulcani costieri o sottomarini, la materia eruttata dai quali si accumuli in modo da affiorare sopra le onde. Isole così costituite soltanto da roccie vulcaniche, talvolta accresciute da materiale organico o sedimentare recente, sono in numero limitato, presentano altezze diverse e spesso considerevoli, ma sorgono di consueto da mare poco profondo almeno nelle loro vicinanze, poichè il materiale eruttato, per quanto abbondante, viene disteso all'ingiro per azione delle onde e di più, per poter dopo un certo tempo emergere, deve superare la colonna d'acqua sovraincombente, e se questa ha uno spessore considerevole, l'emersione o ha luogo soltanto con difficoltà o non si verifica affatto.

Che però la formazione delle isole possa aver luogo per opera esclusiva di vulcani sottomarini è accertato anche da fatti relativamente recenti (1). Di tal genere sarebbe quella dell'isola Sabrina, cominciata a sorgere il 31 gennaio del 1811 con uno scoglio di nera roccia apparso presso San Michele, una delle Azzorre. A 13 giugno di quello stesso anno una nuova eruzione creò un'isola anulare di 1 chilom. $^1/_2$ di circonferenza, alta forse 100^m, e dal capitano Tillard, che la descrisse, denominata *Sabrina* dal nome della propria nave. L'anno appresso l'isola era scomparsa, probabilmente per opera di due diverse azioni; la forza demolitrice delle onde e un movimento di rapida depressione del fondo marino. Difatti, mentre questo, nello stesso posto temporariamente occupato dall'isola, prima dell'eruzione si toccava a circa 60^m dal pelo d'acqua, dopo di essa, arrestava lo scandaglio soltanto a circa 120^m di profondità. Del resto in quei dintorni altri fenomeni analoghi s'erano già mostrati nel 1638 e nel 1720, ed altri apparvero poi nel 1867 a Terceira, e nel 1757 presso S. Giorgio, tutti dovuti allo stesso focolare vulcanico delle Azzorre.

(1) Arturo Issel (*Il gruppo della Galita in Cosmos* di G. Cora, anno VI, 1880-81, pag. 383) però classifica come *granitiche* le rocce che costituiscono l'ossatura dell'isola e che, a motivo del loro aspetto, furono sovente giudicate vulcaniche da coloro che le descrissero.

(2) Nelle Gallapagos non mancano alcune poche roccie granitiche, che però il Darwin giudica come un'*eccezione*. — Cnfr. *Viaggio*, pag. 323

(1) Reclus, I, pag. 704; — Hugues, *Geogr. fis.*, pag. 527. — Stoppani, I, pag. 371; — Lapparent, pag. 424.

Digitized by Google

Notissimo è poi il fenomeno analogo manifestatosi nel Mediterraneo e che diede origine all'isola *Giulia* (Fig. 190) o *Nerita* o *Ferdinandea* o *Graham* od *Hotham* o *Corrao* o *Sciacca*, come si compiacquero chiamarla i primi e diversi suoi scopritori (1). Indicata da ribollimenti e da esalazioni fetide fin dal mese precedente, sul principio del luglio 1831 una violenta eruzione si manifestava tra la Sicilia e Pantelleria a circa 60 chilom. da Sciacca, in seguito alla quale intorno al 10 luglio cominciò ad affiorare un ammasso di scorie, di ceneri e di pietre vulcaniche, sicchè nel giorno 16 al capitano Corrao la neoformazione appariva come un isolotto alto 3 o 4 metri. L'isola poi crebbe fino a 60^{m} di altezza e a 3700^{m} di circonferenza e ciò intorno al 25 agosto; poi cominciò a calare

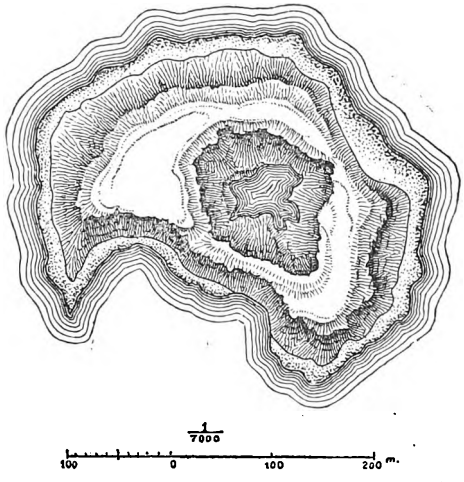


Fig. 190. — Is. Giulia tra la Sicilia e l'Africa (dal Reclus).

finchè al principio del 1832 essa già era completamente scomparsa. Prima dell'eruzione l'ammiraglio Smith in quei paraggi avea trovato delle profondità di 180 o 190^{m}; nel 1835 il capitano Swiburne trovava dei bassofondi pericolosi con non più di 2^{m}.7 o 3^{m}.3 d'acqua. Vuolsi che un fenomeno analogo sia stato ivi segnalato nel 1632; certamente si ripetè il 12 agosto del 1863, nella quale epoca quella medesima località vide emergere a una 70na di metri uno scoglio vulcanico, poscia rapidamente scomparso. Adesso si vuole che ivi lo scandaglio non tocchi fondo nemmeno a 100^{m} (1).

Ma il Mediterraneo vide ancora degli altri fenomeni di simil genere. Non alludiamo alle fiammate vulcaniche avvertite nel mar di Sicilia nel 1845 e nel 1846 e nommeno alla improvvisa eruzione segnalata il 31 marzo 1880 in mezzo alle isole Sanguinarie all'imboccatura del porto d'Ajaccio, tutte tre ram-

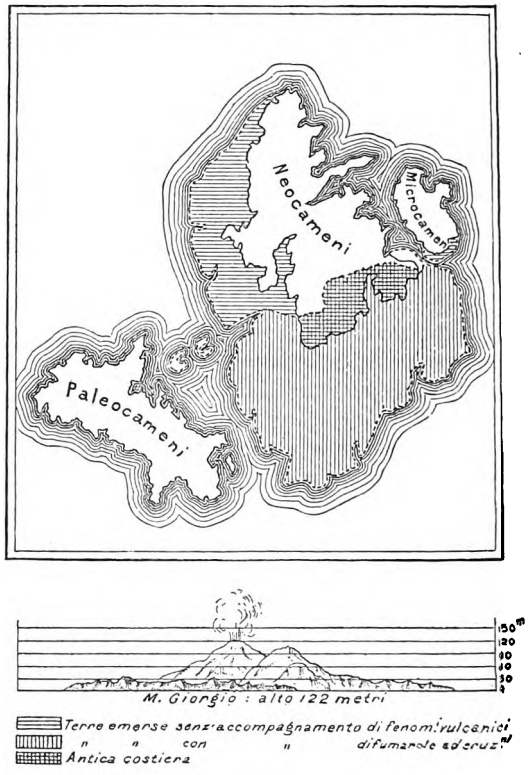


Fig. 191. — Isole vulcaniche nel gruppo di Santorino.

mentate dal Mercalli; sibbene alle celeberrime eruzioni di Santorino (Fig. 191) e Sant'Irene o di Thera, com'era chiamata dagli antichi una delle Cicladi, nell' arcipelago Greco (2), In origine il gruppo di Santorino era costituito da tre isole: Thera, maggiore di tutte e fogiata a falciuola, il cui cerchio veniva chiuso dalle minori isolette di Therasia e di Aspronisi. Quando esso abbia assunto quella forma è difficile dirlo: certo è che le leggende greche da epoche remotissime lo indicavano come teatro di potenti fenomeni vul-

(1) Mercalli, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, Milano Dr. Fr. Vallardi, 1883, pag. 117; — Constant Prevost, *Notes sur l'île Julia in Mémoires de la Société géologique de France*, tom. II, partie I., 1835 pag. 135 e seg.; — Canestrini Giov. e Ricc., *Il Coralio*, Roma, Botta 1883 Estr. dagli *Annali dell'Industria e del commercio* del 1882.

(1) Reclus, *Nouv. Geogr.*, I, pag. 540.

(2) Fouquet, *Santorin et ses eruptions*, Paris, 1879; — Stoppani, l. cit., I, pag. 372; — *Revue des deux mondes*, N.° dell'11 agosto 1866; — Mercalli, ivi, pag. 123; — D'Albertis Enrico, *La Crociera della Violante* in *Boll. della Soc. Geogr.*, 1878, pag. 293 ecc.

Digitized by Google

canici. Due secoli circa av. Cristo, alle tre isole accennate venne poi ad aggiungersi Paleocameni, cioè l'*antica isola arsa*, che andò aumentandosi nelle eruzioni del 46, del 726 e del 1427 dopo Cristo. Nel 19 o nel 46, pure dell'èra nostra, sorse Thia, ora indicata soltanto da un bassofondo; nel 1570 s'inabissò

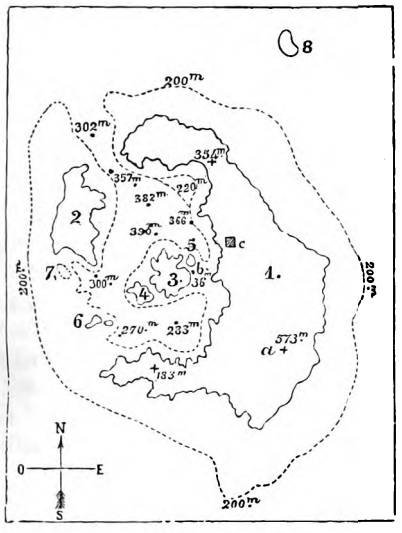


Fig. 192. — Santorino o Thera.

1. Santorino o Thera; 2. Therasia; 3. Neocameni; 4. Paleocameni; 5. Microcameni; 6. Aspronisi; 7. Banco Mansel; 8 Banco Columbos (eruz. del 1650).
a. M.e S. Elia; *b*. Vulc. Giorgio, alto 122m; *c*. Città di Thera.

parte di Thera, ma tre anni appresso sorse la trachitica Microcameni (la *piccola isola arsa*) e, tra il 1707 e il 1712, la Neocameni (la *nuova isola arsa*), quasi ad anello di congiunzione tra la Paleo e la Microcameni. Formidabile poi apparve la eruzione cominciata nel 1866 e finita nel 1870, per opera della quale sorsero Giorgio I e poco appresso Afresia e Reca, coni insulari di lave vulcaniche incoerenti, che poi in breve si unirono a Neocameni, così a mano a mano ingranditasi.

Fenomeni consimili si notarono anche altrove. Così si segnalarono isole comparse e scomparse in Islanda negli anni 1220, 1240, 1783 e 1830; — così nelle Aleutine dal 1796 al 1819 si sollevava l'isola Unalasca, spintasi fino a 700 d'altezza, in seguito ridotta a semplice solfatara, e nel 1814, ivi pure, l'isola Joanna Boguslava; — così altre formazioni analoghe si notarono nel 1824 presso l'isola del Ferro, nel 1836 presso Valparaiso, nel 1843 presso la costa d'Arracan, nel 1853 presso Formosa e finalmente nel 1856 appena al settentrione delle Filippine. E passiamo oltre su quelle per la medesima causa formatesi nei laghi, come le Cumani nel Caspio (1861) descritte dall'Abich (1), e quelle segnalate nel lago di Nicaragua nell'America centrale, o in quella di Bongbong nell'isola di Luzon, una tra le Filippine.

Però alla diffusione del fenomeno, non corrisponde un adeguato numero di isole, che meritino il nome di vulcaniche recenti in modo esclusivo, in causa principalmente della continuità dell'azione vulcanica, per la quale anche isole tuttora costituite da un vulcano in costante attività, come Stromboli, presentano un nucleo formato in un'epoca anteriore all'attuale. Epperciò, è appena se delle poche isole sorte a memoria d'uomini, tra le recenti vulcaniche, si possono aggiungere S. Paolo, nell'oceano Indiano, forse l'isola di Barren nel golfo del Bengala, qualche isolotto nelle Aleutine, e pochissime altre. Oltre la scarsezza del mondo vivente e i recenti fenomeni vulcanici, solfatare, salse, mofette, le distingue la forma craterica o conservata, come nel disegno dell'isola Giulia (Fig. 190), o rotta e a falciuola, come a Santorino (Fig. 192).

Qualora poi si volesse, allargando il significato che noi credemmo di attribuire al qualificativo in quistione, chiamare vulcaniche le isole, che pure formate nella loro ossatura di roccie antiche cristalline e sedimentari, presentano copiosi o talora superficialmente soverchianti i fenomeni vulcanici, allora noi dovremmo aggiungere alla serie precendente una nuova e numerosissima, costituita tanto da scogli isolati in mezzo all'oceano, come S. Elena e Mauritius o l'isola Borbone, quanto da isole ed arcipelaghi grandiosi, come quelli delle Filippine, del Giappone, delle isole della Sonda, delle Antille, nella Nuova Zelanda. Mentre però le recenti isole vulcaniche sono talvolta deserte affatto di esseri viventi o presentano flore e faune estremamente povere e prive di specie endemiche, sì le isole esclusivamente vulcaniche antiche, quanto quelle a natura mista, sono fornite di numerose specie animali e vegetali anche assolutamente endemiche, specialmente se si tratti di gruppi lontani dai continenti. Cospicuo esempio di un mondo biologico a sè è offerto dall'arcipelago delle Gallapagos, nel quale, inoltre, fra le varie isole che lo compongono ha luogo una singolare suddivisione di faune e di flore indipendenti tra loro. Tale fatto, già notevole nel mondo animale, diventa spiccatissimo nel ve-

(1) Stoppani, vol. 1°, pag. 401.

Digitized by Google

getale. Il Darwin (1), che occupò l' alto ingegno ad illustrare la storia naturale di tale arcipelago, ci comunica che una metà circa delle specie vegetali che vi crescono, si debbono giudicare come endemiche, cioè 101 sopra 217 e forse sopra 188 ; e di più che ciascuna tra le quattro principali isole di cui consta, possiede a sua volta una piccola flora indigena ed esclusiva, e quindi per nulla diffusa al rimanente arcipelago.

9. Avvertimmo come le isole possono anche formarsi per sedimento recente, sia che questo provenga dai continenti per l' azione dei ghiacci o dei fiumi, sia che abbia origine nell'oceano stesso e provenga dall'azione delle onde e delle burrasche sul fondo o lungo i lidi, ovvero in seguito alla deposizione degli organismi marini o delle materie scioltevi, causata o dalla morte di quelli o da eccesso di evaporazione dell' acqua marina, sia finalmente che provenga da cause endogene per eruzione dei vulcani subacquei e litorali. Di tal genere di sedimenti dovremo trattare allorchè discorreremo dei varî accidenti geografici che li producono. Certo è che pur ammettendo che i sedimenti concorrano talvolta copiosamente ad aumentare la mole delle isole che sorgono in pieno oceano, di consueto da sè soli non giungono a dar origine a nuove formazioni insulari, salvo che lungo i litorali. Ond'è che le isole alle quali spetta il nome di esclusivamente sedimentari si riducono quasi soltanto a quelle dei delta fluviali o ad alcuni banchi costieri, come, per es., quello di Terra Nuova, deposto in gran parte dalle grandi banchise polari di ghiaccio, che, sciogliendosi, depongono i detriti di cui sono gravate.

Invece oltremodo numerose e diffuse sopra spazî vastissimi del globo, si notano quelle isole, che direttamente si devono agli organismi animali, considerati non già come materia morta che cola in fondo all'oceano, ma in ordine alle funzioni fisiologiche loro e per le quali possono dar origine alla formazione di nuove terre.

Già fin dal 1605 il Pyrard aveva posto mente alla forma curiosa ad anello (atoll) più o meno regolare e complesso, spettante ad alcune isole basse, diffusissime specialmente nelle regioni tropicali. Più tardi esse vennero studiate dallo Strachan, dal Forster, dal Cook, dal Chamisso, dal de Buch e da molti altri, i quali, mentre s' accordavano tutti nell' attribuire la loro formazione all'opera dei polipi marini, proponevano ciascuno delle teorie più o meno discutibili a spiegazione del fatto. È noto come vi siano organismi marini, che vanno comunemente sotto il nome generico di *specie coralligene* o *madreporiche* (1), e che son costituiti nel loro interno da una sorta di scheletro calcare sclido, variamente ramificato, che essi formano ed accrescono continuamente colla propria secrezione. Tali polipi presentano per giunta due altre caratteristiche, vale a dire prima quella di riprodursi per fissiparità, cioè in modo che il figlio rimane sempre attaccato al padre, il nipote al figlio, le generazioni successive alle precedenti; poi quella di associarsi in colonie sovente numerosissime. Pel primo fatto gli scheletri calcari solidi, morendo alla propria base diventano il sostegno della vita che s'agita alle loro estremità; pel secondo essi si estendono per spazî notevoli nel fondo dei mari. Poichè ogni polipaio forma dapprima una protuberanza a tronco d' albero più o meno ramificato; ma poscia coll'estendersi suo si avvicina alle altre tribù, viventi intorno ad un consimile tronco; gli spazî intermedii son facilmente superati e ne risultano dei monticoli prevalentemente calcari, che, stante l'innumerevole moltitudine delle colonie madreporiche, possono dare origine a vaste formazioni di simil genere (2).

Ammessa questa capacità creatrice dei polipi corallini, la scuola del de Buch spiegava la singolare conformazione delle isole ad essi dovute e da essi denominate, o con voce maldiva, chiamate *atoll* (3), colla ipotesi ch'esse corri-

(1) *Viaggio*, pag. 323 e 341 e seg.

(1) Alle specie costruttrici non appartiene il *Corallium nobile*, cioè il *corallo* che serve di ornamento e che alimenta una tra le più note industrie italiane. Intorno ad esso vedi *Il Corallo* dei fratelli CANESTRINI già citato. Le specie principali di polipi costruttori appartengono alle seguenti famiglie: *Asteroidae*; *Fungidae*; *Madreporidae* (Madrepore e Poriti); *Oculinidae*. Le costruzioni coralline o madreporiche si rinvengono solamente in una zona limitata fra 30° di latitud. N. e 25° S. Da questi limiti esce il solo arcipelago della Bermude, cinto da scogliere madreporiche e posto a 32°23' N.

(2) La rapidità di costruzione dipende dalle varie specie e da molte condizioni diverse. Mentre, p. es., il Wipple nel 1857 trovava sulla chiglia di una nave naufragata 64 anni prima, un ramo di madrepore lungo 5 m., il che corrisponde a un accrescimento annuo di 8 centim., altri trovarono che le *poriti* non crescono più di 2 o 3 centim. all'anno e lo stesso fanno le *meandrine*. Per uno scoglio intero l'accrescimento annuo si può considerare circa 10 volte più piccolo e quindi necessari 500 o 600 anni per produrvi l'inalzamento di un metro.

(3) Nella lingua macassarese *isola* in genere corrisponde a *lijucang* e *banco di sabbia* o *di corallo* a *taca*; e nella lingua bughinese i due nomi si traducono con *libucang* e *pasi* (*pasir* in malese). Cnfr. VETH. *Notizie su Selaiar* (Celebes) *ed isole adiacenti*, in « *Cosmos* » *di* G. CORA VI, 1880-81, p. 43.

Digitized by Google

spondessero tutte alla sommità di un cratere vulcanico, sul cui orlo conico doveva essersi agitato il lavorio dei coralli. Ciò naturalmente traeva a supporre sterminato il numero dei crateri sottomarini, come sterminato è quello degli atolli, li faceva supporre

Fig. 193. — Isola Bolabola, nell'arcipelago della Società.

esistenti anche là dove non s'erano mai notati indizî di sorta di vulcanismo, finalmente veniva ad attribuire a siffatti vulcani ipotetici dimensioni che nessuno dei vulcani subaerei presenta. Difatti i più vasti tra i crateri noti: il Coseguina nel Messico, e il Tenggher nel-

Digitized by Google

l'Isola di Giava presentano un perimetro di circa 20 chilom., pari appena a quello dei più piccoli atolli, ma ancora di dieci volte più piccolo di quelle di alcuni tra essi, come, ad esempio, quello dell'isola Nairsa nell'arcipelago di Paumotù, l'anello della quale si svolge secondo un massimo diametro non inferiore a 200 chilometri. Per giunta, uno dei caratteri spettanti alle isole coralline, le isole basse per eccellenza, è di alzarsi di pochi metri sulle onde. Posto ciò, se esse fossero orli di vulcani, farebbero supporre un infinito numero di crateri vulcanici, aventi la medesima altitudine: idea evidentemente assurda.

Una diligente osservazione sulla morfologia degli atolli confermava tali dubbi. La forma regolare ad anello rotondo, secondo la quale si disegnano le isole coralline, non corrisponde alla realtà, nella quale invece si avvertono le figure più strane, e inconciliabili affatto con quelle assai regolari offerte dai crateri vulcanici. Di più, mentre questi presentano sempre più bassa quella parte del proprio orlo che sta sopravvento e che meno quindi è alimentata dalla deiezione, il contrario accade negli atolli, perchè è appunto sopravvento di questi, che avvengono i maggiori accumulamenti di materiali importativi dalle correnti aeree ed atmosferiche.

Finalmente la spiegazione vulcanica si rendeva assurda in tutti quei casi, e sono frequenti, nei quali dalla laguna inferiore all'atoll sorgono rilievi, masse collinesche e montuose con roccie in posto (Fig. 193), nè coralline nè vulcaniche.

Tuttavia, respinta quella teoria, nessun'altra sembrava opportuna a sostituirla, non quella del Forster, che supponeva non tanto un istinto particolare nei coralli di edificare costruzioni circolari, quanto una specie di accordo nel polipaio, pel quale gl'individui più gagliardi si sviluppano all'ingiro, così proteggendo contro la risacca i coralli viventi nell'interno; — non quella del Chamisso, acuta sì, ma incompleta, che esplicava la figura degli atolli col semplice fatto delle più propizie condizioni di vita, nelle quali, in uno stesso banco, trovansi, a confronto degli interni, i polipai periferici, e mercè delle quali essi lavorano più alacremente e primi raggiungono il pelo oceanico.

Il merito di aver sparso una luce grandissima su questo interresante problema, spetta al massimo forse tra i naturalisti moderni, a Carlo Darwin. Nel viaggio ormai celebre intorno al globo, da lui compiuto (1831-35) sul *Beagle*, comandato dal capitano Fitzroy, il Darwin avea avuto più di una volta occasione d'imbattersi in isole coralline; ma soltanto trovandosi alle isole Chiling o di Cocco (a 12° 5′ lat. S. e 90° 55′ E. da Greenwich) potè aver campo di studiarne la formazione col porre ad accurata disamina la vita e le abitudini dei polipai. Onde s'accorse che tale formazione si coordina con due fatti fondamentali: una zona di determinata profondità, entro i limiti della quale vivono i polipi, e l'altitudine delle isole coralline non mai superiore a quella alla quale giungono i materiali lanciati dalla massima forza delle onde marine e del vento. Allo scoperto dell'acqua quei zoofiti muoiono quasi immediatamente, vivono a stento nella zona intermedia fra la bassa e l'alta marea, come in generale a profondità minori di 25^m sotto il pelo marino, stentano ancora e muoiono a profondità maggiori di 40 a 50^m, salvo qualche millepora, qualche gorgonia o alcuna altre forme consimili isolate e rare.

Oltre a ciò è necesaria a loro una temperatura un po' alta (almeno da 18 a 20° del termometro centigrado) e poco oscillante, e più ancora una salsedine tale che basti alla loro nutrizione e alla successiva fissazione dei sali necessarî alla costruzione dei loro singolari edifici. Queste due ultime condizioni si verificano soltanto ad una conveniente distanza dalla terraferma, poichè la vicinanza di questa, specie in causa della precipitazione atmosferica e del tributo di acque dolci e fresche e più che tutto ricche di sedimenti funesti alla vita dei coralli, ne impedisce a periodi più o meno frequenti, anzi in certe circostanze perennemente, il lavoro.

Così studiata la vita dei coralli, rimaneva da esplicare intero il procedimento seguito nella costruzione delle isole. Anzitutto il Darwin fu costretto a distinguere nelle isole madreporiche tre forme dominanti: quella di *atollo* semplice od *isola ad anello* (Fig. 194) con laguna centrale (1); quella di *scogliera* o d'*isola a diga* o *a cintura* o *a vallo* (2); e finalmente quella di *scogliera* o d'*isola litorale* o a *frangia* o meglio forse, per evitare gli equivoci colla forma precedente, di *spiaggia madrepo-*

(1) *Atoll, lagoon island* degl' Inglesi; *lagunen-riff* dei Tedeschi; *iles-lagunes* dei Francesi. È la *isola corallina* propriamente detta.

(2) Od a *barriera*; *barrier reef* degl'inglesi; *damm-* o *wall-riff* dei Tedeschi; *barrière* o *ceinture des récifs* dei Francesi.

Digitized by Google

rica (1). Della prima forma discorreremo. Le isole a *diga* sono costituite dal solito anello più o meno discontinuo, che cinge pure la solita laguna, senonchè dal mezzo di questa e quindi separato dalla cintura esteriore mediante un canale di varia larghezza e varia e spesso considerevole profondità, sorge un nucleo insulare non sempre corallino, quindi nè piatto e depresso, nè povero di specie vegetali e animali, com' è generalmente il caso delle formazioni madreporiche; anzi talvolta assai esteso ed elevato e del pari splendido per lussureggianto vegetazione (Fig. 193 e 195). È tra le isole di simil fatta che vanno, per es., schierate tanto la piccola isola di Maurua (arcipelago della Società) avente un massimo diametro di poco più che 3 chilom. e alta 260^m (800 p. ingl.), quanto la grande Tahiti estesa nel senso della maggiore lunghezza ben 58 chilom. ed elevata 2300^m (7000 p. ingl.) (2). Talvolta anzi non è nemmeno un'isola sola così circondata dalla barriera corallina, ma interi gruppi, ovvero terre di enorme estensione. Di tal genere è quella che cinge la Nuova Caledonia, isola estesa ben oltre a 20000 chil. quadr., cioè quasi come la Sardegna e due volte $\frac{1}{2}$ la Corsica. Dal lato che sta ad occidente della Nuova Caledonia, la scogliera è lunga ben 650 chilom., e sopra un tratto di molte miglia, di rado si approssima alla spiaggia più di 10 o 12 chilom., anzi verso la punta meridionale dell' isola lo spazio interposto fra essa e la barriera non è inferiore a 24 chilom. Ben più enorme è la *Great* (grande) *Barrier*, che cinge a greco l'Australia. Questa colossale diga corallina non si prolunga per meno di 1750 o 1800 chilom., tenendosi lontana dalla spiaggia in media da 30 a 40 chilom., ma talvolta anche 100 o 150 chilom. (50-90 miglia inglesi). La profondità del vasto canale intermedio a fondo sabbioso, varia da 18 a 40^m; ma verso l' estremità meridionale, dove la cintura madreporica è più lontana dal lido, arriva ai 70, agli 80 e supera in qualche caso anche i 100 e i 110 metri.

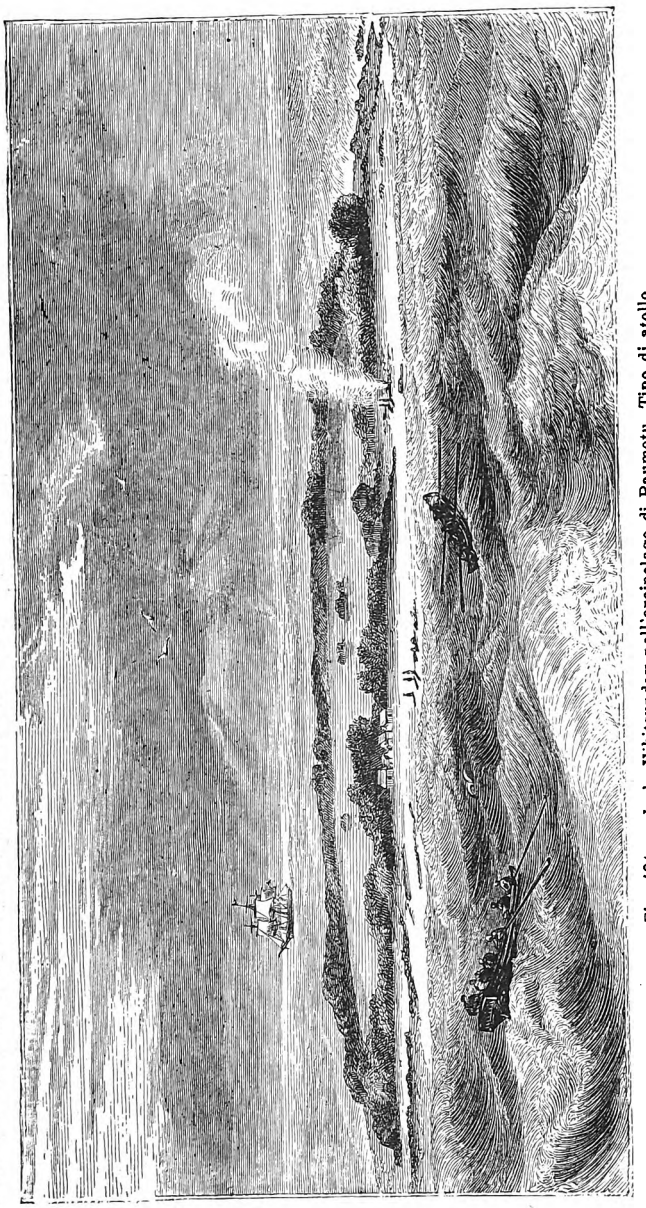


Fig. 194. — Isola Whitsunday nell'arcipelago di Paumotu. Tipo di atollo.

Le *spiaggie madreporiche* o *scogliere litorali* a primo aspetto non differiscono da quelle a diga, se non per la loro maggiore larghezza. Ma poi la distinzione diventa più decisa quando

(1) *Fringing* ovvero *shore-reef* degl'Inglesi; *küsten -, saum -, fransent -, ufer -, strand -, riff* dei Tedeschi; *récif frangeant* o *côtier* dei Francesi.

(1) DARWIN; 2232^m *Ann du Bureau.*

Digitized by Google

si osservi che in esse fa difetto il canale interno profondo e che la loro larghezza (di solito limitata) è sempre in relazione colla varia pendenza del fondo (1). La vicinanza della costa, in causa delle correnti fluviali apportatrici di acqua dolce e di sedimenti sfavorevoli alla vita dei coralli, produce nelle scogliere litorali spesse interruzioni e sempre in corrispondenza col regime fluviale della terraferma o dell'isola, alle quali sono adiacenti. Tipiche di questa classe sarebbero le scogliere, che circondano l'isola Maurizio, una delle Mascarene, ma esse si trovano comuni nell'oceano Indiano, sulle coste del mar Rosso, su quelle dell'Africa, intorno a Ceilan e alle Nicobar, lungo la costa del Brasile, nelle Indie Occidentali, intorno le Lucaie, presso la Florida, e forse alle Bermude.

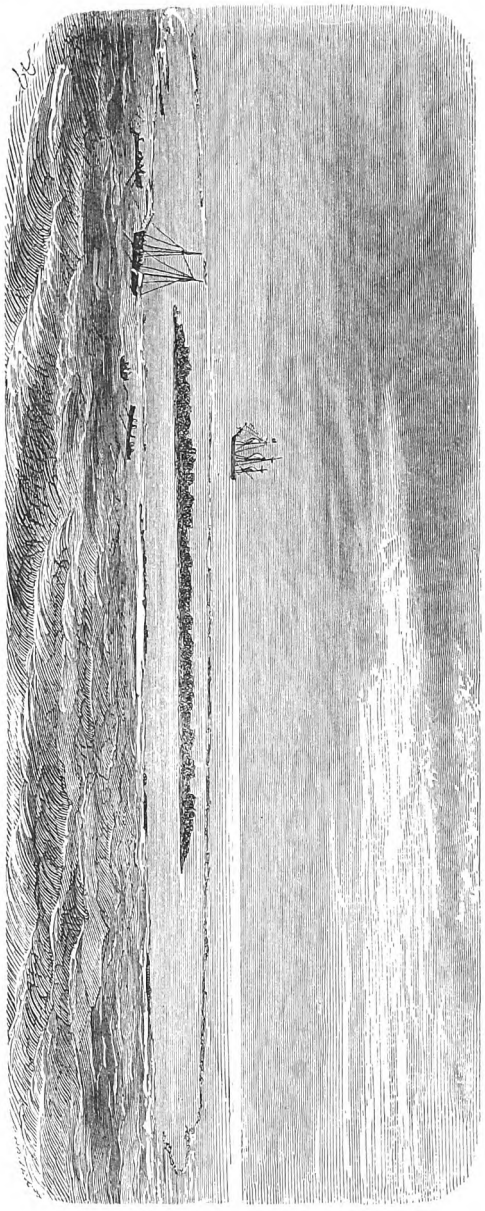


Fig. 195. — Isola Oeno nell'arcipelago di Paumotu.

Pel Darwin le scogliere delle due prime specie, quanto alla loro formazione, possono ridursi ad una, rappresentando due fasi diverse di uno stesso procedimento. Tenuto fermo che i coralli vivono soltanto in una zona di determinata profondità, la costituzione degli atolli colla laguna spesso profonda interna, colle forti profondità marittime esteriori all'anello, non si possono esplicare che in questo modo. Il fondo marino, dovunque vario poco meno degli spazi subaerei, presenta una orografia propria con pianure, valli e montagne. Allorchè queste ultime sporgono il loro capo fuori dell'onda, allora le chiamiamo scogli od isole, a seconda dell'estensione e della natura che la superficie emersa presenta. Da quanto dicemmo dianzi, apparisce chiaro che i coralli, salvo il caso dei bassi fondi che arrivino a una determinata distanza dal livello oceanico, non possono trovare una base sulla quale fissare i loro edifici, se non all'ingiro delle coste insulari, che in tal guisa si troveranno cinte da una serie di scogliere più o meno continue a breve profondità dal pelo dell'acqua. Se poi supponiamo che il fondo dell'oceano e con esso i suoi vertici montagnosi sieno dominati da un lento moto di discesa, questo trascinerà ben presto i polipai in una zona sfavorevole alla loro vita, qualora essi non si affrettino ad estendere verticalmente le loro costruzioni, onde mantenersi nella zona propizia alla loro esistenza. Perciò l'anello corallino imposto all'isola, a mano a mano che questa s'abbassa andrà accrescendo la propria altezza rispetto al fondo circostante. La parte superiore con ciò si sarà semplicemente mantenuta a una stessa distanza dallo specchio oceanico; ma siccome questa è una distanza minima, così riceverà tributo ed aumento da tutta la materia morta che vi trasporta e vi depone il mare, o che proviene dagli stessi coralli e ciò fino a che l'anello intero o alcune

(1) In questo senso cioè, che quanto più pendente è il fondo, tanto minore è la larghezza dell'orlo madreporico.

Digitized by Google

sue parti arriveranno ad affiorare. Allora cosa si riscontrerà? Un'isola interna (Fig. 193 e 195) più o meno elevata, più o meno ricca di vegetazione, circondata da una tranquilla laguna, di varia, ma non grandissima, profondità, chiusa più o meno perfettamento da un anello di scogli madreporici, bassi, bianchi e poveri di vegetazione, il cui orlo esteriore discende erto nel mare, che a poca distanza da esso può anche offrire considerevoli profondità. È il primo stadio, corrispondente all'isola a barriera.

Ma il movimento di discesa prosegue; l'isola interna alla laguna a poco a poco col volgere dei secoli va sommergendosi; i polipi, che hanno bisogno di acqua salata e agitata dalle onde, non trovano acconcio di afferrarvisi per costruirvi i loro edifici, ma continuano invece indefessi la loro opera lungo l'anello esteriore. Ond'è che viene un istante in cui, completamente sommersa l'isola, rimane soltanto l'anello madreporico colla laguna da esso racchiusa. È il secondo stadio, corrispondente all'atoll perfetto.

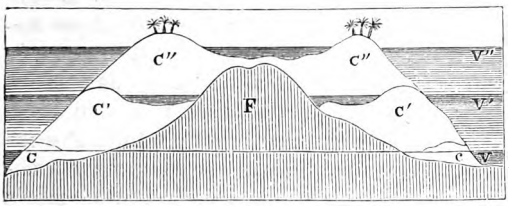


Fig. 196. — Isole coralline e loro modo di formazione. *C.* Spiaggie madreporiche; *C'.* isole a diga; *C''.* atolli.

Invece le scogliere madreporiche litorali non si possono spiegare in questa guisa. In generale esse corrispondono a spiaggie di scarsa pendenza, che non si sono recentemente abbassate, anzi che, secondo molte probabilità, sono state soggette a un periodo di sollevamento. Questo dà ragione della scarsa profondità del canale che separa gli scogli a frangia dalla terraferma e sopratutto della frequenza, colla quale si trovano in essi avanzi di coralli morti sul loro posto, per essere stati appunto sollevati al di sopra delle onde (1).

(1) La figura 196 può dar un concetto abbastanza chiaro della cosa. In essa *F* rappresenta una prominenza del fondo marino. Se essa si solleva di tanto sull'onde in modo che il livello marino sia rappresentato dalla linea *V*, allora si avrà una spiaggia madreporica *CC*, senza o con assai piccolo canale intermedio. Ma supposto ch'essa si abbassi, in modo che il livello marino rispetto ad essa possa esser rappresentato dalla linea *V'*, allora il lavoro dei coralli creerà tutto l'argine *C'C'* che racchiuderà un notevole canale, nel cui mezzo sorgerà ancora la sommità di *F*. Finalmente, se la prominenza prosegue il suo movimento di discesa in modo di portarsi al disotto del livello marino, che rispetto ad essa potrà corrispondere a *V''*, allora avremo l'atoll perfetto, cioè l'anello, colla semplice laguna mediana.

L'economia del presente lavoro non ci permette di addentrarci maggiormente nell'esame dei particolari riguardanti il vario processo di creazione delle isole coralline, appartengano ai due primi o all'ultimo tipo. Non v'ha dubbio che, considerando superficialmente la teoria ora accennata, i paradossi sembrauo in essa incalzarsi. Isole che sorgono perchè il fondo si abbassa; lagune che si formano perchè nel posto da loro occupato si erigeva anteriormente una prominenza; — entrambi sembrano affermazioni fantastiche ed assurde. Eppure l'esame diligente dei fatti e la discussione della teoria stessa, compiuta da uomini insigni quali il Lyell, il Dana, l'Humboldt, l'Hochstetter, il Rèclus, il Peschel, lo Stoppani, il Lessona, ed altri molti, tornarono finora a piena conferma di essa, almeno nei tratti generali (1).

E, accettatala per vera, è difficile trovarne un'altra più importante, per quanto si cerchi nel vasto campo della fisica terrestre. Per essa si può dire svelata la ragione della morfologia di una notevolissima porzione del globo. Imperocchè se ogni atoll ed ogni isola a barriera rivela, com'è quasi certo, un moto di discesa del fondo sul quale è imposta, una semplice occhiata alla carta geografica ci svelerà quali parti del fondo oceanico sieno dominate da tale movimento discensionale. Ora, la carta del Darwin ci mostra come nel solo Pacifico tal fatta d'isole si stendano sopra due aree elittiche il cui asse maggiore non misura meno di 10 mila chilometri, un quarto cioè di meridiano terrestre, sopra una larghezza complessiva di circa 1000 chilom. La prima di esse comincia dalle isole Pelew (2) o Palos a greco di Gilolo e finisce coll'isola Pitcairn a sirocco delle isole Basse o Taumotu o Paumotu, e comprende principalmente

(1) Il Dana nel 1872 e prima di lui il Semper nel 1863, sollevarono alcune eccezioni, se non contro la teorica di Darwin, per lo meno contro alcune sue applicazioni in singoli casi. Il Darwin non mancò di accennarle e di discuterle nell'ultima edizione della sua opera magistrale da noi citata. Altre obiezioni si sollevarono dal Le Conte (*Nature*, (22, 558) fin dal 1857, a proposito delle scogliere della Florida; dal Rein, nel 1870 dapprima e poi di nuovo nel III Congr. geogr. internaz. di Venezia (1881) e nel I Nazionale tedesco (*Die Bermudas Insel* ecc., Berlin, Reimer, 1881); dal Murray (*Nature*, 22, 1880, pag. 23, 351) e da altri. Però se queste conducono a dimostrare come alcune formazioni coralline si sottraggono alle leggi formulate dal Darwin, — non ci sembrano sufficienti a scalzarne la teoria generale, come parve a qualche geografo, forse alquanto troppo frettoloso a concludere.

(2) Secondo il Semper e il Rein, le isole Pelew presenterebbero una prima eccezione alla teoria del Darwin.

Digitized by Google

gli arcipelaghi delle Caroline, delle Marshall, delle Gilbert, di Ellice, di S. Agostino, di Sydney, di York, l'isola Palmira, del Natale, delle Marchesi e Mendana, della Società, di Tahiti, di Souvarof, di Palmerston, di Gambier e delle citate isole Basse; — la seconda, assai più discontinua di quella, comincia dalle Paracelle nel mar della Cina, abbraccia un gruppo di scogliere a sirocco di Hainan, le isole dell'Ammiragliato, e isole Avon, Vanicoro, l'arcipelago della Luisiade, l'arcipelago della Nuova Caledonia, le isole Viti o Figi e una numerosa serie di isolotti diversi nel mar Corallino. Finalmente una terza area di depressione occupa grande parte dell'oceano Indiano, stendendovisi dalle Comore agli scogli di Scott e di Rowley a maestro dell'Australia, cioè almeno per 2800 chilom. sopra una larghezza varia e oscillante tra 200 e 300 chilom., ed inviando verso tramontana una diramazione lunga non meno di 700 chilom., costituita dagli arcipelaghi delle Maldive e delle Laccadive.

Oltre alle isole ora nominate, gli appartengono le Almiranti, le isole Cosmoledo a greco del canale di Mozambico, il banco di Saya de Malha, le Ciagos, le Chiling e fors'anco, quantunque da altri sia contrastato, le scogliere a barriera che si notano lungo la spiaggia orientale di Madagascar.

Tutte le altre isole coralline: quelle dei Navigatori, di Tonga, l'arcipelago di Cook o di Hervey, l'isola Elisabetta a levante di Pitcairn, quella di Rotuma a settentrione delle Viti, le Nuove Ebridi, le isole Salomone, le Marianne, il gruppo di Havai o Sandwich, le Gallapagos, tanto quanto la maggior parte della serie di gruppi che si stendono dal Giappone all'arcipelago della Sonda, questo compreso; le Andaman, le Nicobare, Ceilan, le Seicelli, le Mascarene, le costiere africane ed arabiche del mar Rosso e dell'oceano Indiano e parimente le americane, tutti gli scogli madreporici delle Indie Occidentali fino alle Bermude, — si possono considerare forniti di spiagge madreporiche e quindi appartenenti ad altrettante aree da lungo tempo stazionarie, o, ed è più probabile, ad aree di sollevamento, conclusione avvalorata dalla circostanza, che generalmente esse corrispondono e si confondono coi più notevoli allineamenti vulcanici terrestri.

Così, una volta di più, il semplice studio della figura esteriore presentata da una serie di isole, s'è mostrato suscettibile non soltanto di mettere a fondamento della classificazione in prima linea il carattere morfologico dell'accidente geografico del quale si tratta; ma di dar ragione del modo di essere di vastissime porzioni della superficie terrestre. V'ha di più: essa ci ha rivelato una pagina della storia della Terra, che pareva sepolta sotto l'oceano. « I coralli costruttori di scogli » avvertiva l'illustre maestro (1) « hanno in vero messo alla luce e conservate meravigliose memorie delle ignorate oscillazioni del suolo; in ogni scoglio o diga noi vediamo una prova che la terra si è quivi abbassata, in ogni atollo un monumento di un'isola ora perduta. Possiamo, così come un geologo che fosse vissuto miriadi di anni ed avesse conservata memoria dei mutamenti avvenuti, possedere qualche intima conoscenza del grandioso sistema secondo il quale la scorza del globo si è sollevata, e la terra e l'acqua han mutato posto ».

Nè alcuno può davvero ancora dissentire, nei concetti e nelle idee più generali, dal filosofo naturalista inglese.

(1) DARWIN, *Viaggio*, pag 414.

Digitized by Google

CAPITOLO II.

PIANURE E MONTAGNE (1)

Sempre immobili e mute
Che fate là, che fate
Dall'uragan sbattute
Larve pietrificate,
Fantasime longeve
Spettatrici del cielo?
PINELLI, *Alle Montagne.*

. . . . . , o se talvolta
D'accessibil pendìo sorgermi innanzi
Vedeva un giogo, e n'attingea la cima,
Altre più eccelse cime, innanzi, intorno
Sovrastavanmi ancora; altre, di neve
Da sommo ad imo biancheggianti, e quasi
Ripidi, acuti padiglioni, al suolo
Conflitti; altre ferrigne, erette a guisa
Di mura insuperabili. . . . .
MANZONI, *Adelchi*, Atto II., Sc. III.

1. Quelle stesse asprezze del suolo, che costituiscono la molteplice, infinita, maravigliosa varietà della superficie del globo, non arrivano ad alterarne la figura generale in guisa veramente notevole. Nè le vette alpine, che sembrano alzarsi giganti al cielo, nei cui spazî azzurri immergono il capo nevoso; — nè i cupi recessi di forre incassate, nel cui fondo mugge inascoltato il torrente, coi contrasti enormi che a primo aspetto ingenerano, ci danno autorità di prescindere dal considerare la Terra, nel suo assieme, quale un corpo geometrico e regolare.

Prendiamo per un momento la montagna più elevata del globo, il Gaurisancar o Cingomapari o mount Everest, il gigante dell'Imalaia, che porta la testa arditissima ad 8840^m sul mare. Alla sua latitudine, il raggio terrestre normale non supera i $6\,372\,709^m$ ond'è che il raggio della sommità diventa pari a $6\,381\,549^m$, superando così di circa 4 chil. il raggio equatoriale, di 11 chilom. il raggio medio terrestre. Ciò significa che il raggio della vetta del Gaurinsacar riesce a superare il raggio locale di $^1/_{722}$, il raggio equatoriale di $^1/_{1537}$, il raggio medio terrestre di

(1) RECLUS, *La Terre*, I, pag. 100 e seg.; — HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. I, passim; — id. *Tableaux de la Nature*; — KANT, 3.° pag. 594; 4.° pag. 1.ª e seg.; — GUTHE-WAGNER, I, pag. 55; — KLÖDEN, 1.° pag. 120; — HANN, HOCHST., ecc. pag. 203; — PESCHEL. *Phys. Erdk.*, I, pag. 532; — idem, *Neue Probleme*, pag. 85 e seg.; — SYDOW, *Grundriss* ecc., pag. 79; id. *Begleitworte*, ecc., pag. 27; — HUGUES, *Geogr. fis.*, pag. 26 e seg.; — SONKLAR (*von*) CARL, *Allgemeine Orographie*, Wien, Braumüller, 1873; — MICHELET, J., *La Montagne*, Paris, Lacroix, 1868; — DUPAIGNE ALB., *Les montagnes*, Tours, Mame, 1874, 2,e edit.; — BERLEPSCH, *Les Alpes*, Bâle, 1869; — DE SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*, Neuchâtel, 1796-1804; — COTTA B., *Die Alpen*, Leipzig, 1851; — TSCHUDI. F. v., *Le monde des Alpes*, Bâle, 2.e ed., 1875; — HEER, *Die Urwelt der Schweiz*, Zurich, 1865; — DESOR, *Der Gerbigsbau der Alpen*, Wiesbaden, 1865; — BALBI A., *Delle primarie altitudini del globo*. Milano, Civelli, 1846; — BERGHAUS HERM., *Höhentaf. von* 100 *bekannt. Gebirgsgruppe der Erde*, in *Geogr Jahrb. von* BEHM, I, pag. 256; V. pag. 472; — H. VON SCLAGINTWEIT SAKÜLÜNSKY, *Vergleichende hypsometrische Daten*, in *Zeitschr. des deutschen Alpenvereins*, B. I., 1869-70. p. 583. — LEIPOLDT Dr. GUST., *Ueber die mittlere Höhe Europa's*, Plauen, Neupert, 1874; — *Annuaire du bureau*, 1884, *Relief du sol*, pag. 379, 382 e seg.; 401 e seg.; 461 e seg.; — UZIELLI GUSTAVO, *Alcune osservazioni orografiche ed idrografiche* in *Boll. della Soc. Geogr. Ital., Anno XVII*, 1883, pag. 559 e seg.; — HARDT (VINCENZ v.), *Erläuterungen zur Wandkarte der Alpen*, Wien, Hölzel, 1882; — KALTBRUNNER, *Manuel du Voyageur*, Zurich, 1879; — UZIELLI *Geografia e topografia* in ISSEL, *Istruz. scientif. pei viaggiatori*, cit. pag. 125; — SONKLAR (*von*) C., *Orographie und Topographie*, ecc., in *Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Alpenreisen. herausgeg. von. d. ö. oest. Alpenverein*, München (senza luogo), 1878; — *The Alpine Journal: a record of mountain adventure and scient. observ. by members of the Alpine Club*, ed. by George. Vol. I-XVIII, 1865-83, London; — *Zeitscrift des deutsch. Alpenvereins, ved. v.* MOJSISOVICS, 1869-70 e 1871; — *Zeitschrift des deutschen und oesterr. Alpenvereins, red.* HAUSHOFER, TRAUTWEIN, ecc., 1872-1884 (continuazione del precedente); — *Mittheil. des österr. Alpenv.*, 1863-64; — *Jahrb.* idem. 1865-1873; — *Jahrbuch des Schweizer.. Alpen Club*, I-XXII. 1863-1883 (alcune annate ne sono tradotte in franc. col titolo *Annuaire du Club alpin suisse*), Berne; — *Annuaire du Club Alpin français*, I-IX, Paris, 1875-1883; — *Anuari de la Associació d'escursion Catalana*, Barcellona, Anno I, 1881; — *Giornale delle Alpi, degli Apennini e dei Vulcani* (red. da G, T. CIMINO), Vol. I e II, 1864-65; — *Bollettino del Club Alpino ital.*, N.° 1-49, 1865-1883, Torino, Cassone e Candeletti; — *L'Alpinista*, period. mensile del Club Alp. ital., Anno I e II, 1874-75; — *Rivista alpina italiana*. id., Vol. I-III, 1882-84, sempre Torino, Candeletti; — CAREGA DI MURICCE, *Rassegna d'Alpinismo*, Anno I e II, 1879-1880; — *Società Alpina trentina, Annuari* e *Bollettini* dal 1874 al 1883, 9 volumi, Rovereto; — *Soc. Alp. friul., Cronaca*, 1882-1883-1884, Anno I, II e III. Udine, Doretti. Altri molti periodici delle varie soc. alpine.

Digitized by Google

$^1/_{566}$ del loro valore. Costruito un globo artificiale terrestre di 1^m di raggio, ed avrebbe dimensioni assai grandi rispetto ai soliti globi da gabinetto, volendo plasticamente riprodurvi una elevazione proporzionatamente eguale a quella dell'accennata montagna, non si potrebbe assegnarle spessore più grande di 1 milimetro e $^1/_5$, qualora il globo fosse foggiato a sferoide, e in ogni caso non più di 1.8 millim., qualora lo foggiassimo a sfera descritta con raggio medio.

Come si vede, se tale anomalia si riduce ad essere rappresentata da valori così piccoli, pur considerando la più forte e solitaria elevazione terrestre, essa viene a ridursi minima, quando si osservi la maggior parte delle montagne apparire ben umili davanti al Gaurisancar.

Questo concetto non è nuovo. Anche ben prima che l'uomo avesse potuto formarsi un adeguato giudizio matematico delle dimensioni terrestri e delle altezze dei monti, i più forti pensatori e i più valenti geografi: Strabone, Seneca, Apulejo nell'antichità, gli arabi e gli ebrei e alcuni tra gli occidentali nei tempi di mezzo, e tutti d'accordo i geografi del rinascimento, ne riconobbero la giustezza.

Invece la osservazione volgare e i bisogni diuturni della vita danno ben altro valore agli accidenti verticali del suolo. Per l'uomo la montagna è sempre un ostacolo, talvolta misterioso e pauroso, talvolta addirittura insormontabile, — una fatica, un nemico. Onde superarla e vincerla, gli è necessaria una lotta, un dispendio enorme di forza morale e meccanica, ond'egli si sente indotto a giudicarla alla stregua delle proprie dimensioni e delle forze di cui esso medesimo dispone. I disagi e i pericoli delle lunghe traversate, il difetto di vegetazione e di cibo, la rarefazione dell'aria, i freddi, le nevi, la tormenta, la fantastica imponenza delle cime, la solitudine e il mistero delle vergini foreste, o degl'ignorati campi di ghiacci, o delle cupe e bizzarre ombre che proiettano, tutto cospira a far esagerare il concetto della loro entità. La civiltà, con opere cospicue ed arditissime di strade, di trafori e di alberghi, diminuisce di poco la importanza di ostacoli siffatti, e le esclamazioni superbe come la frase di Luigi XIV: *il n'y a plus de Pirénées!* hanno tutto al più un valore politico e in una temporaneo e precario.

È forse però da quelle maggiori pene, che nei primi tempi costava un viaggio oltre i monti, proveniente il fatto che in generale l'antichità si era formata delle montagne un concetto senza confronto più imponente di quello che noi non pensiamo, sia che con Virgilio chiamasse *orrido*, o con Orazio *inospitale* il Caucaso; sia che con Silio Italico o con Claudiano ci tramandasse paurose descrizioni delle traversate alpine, imprese degne dei numi, sia ancora che, con Mela, reputasse la vetta dell'Athos o, con Solino, quella dell'Olimpo superiori alle regioni delle pioggie, onde la cenere dei sacrifici ne rimaneva intatta; sia finalmente che con Aristotile assegnasse al Caucaso l'altezza di quasi 88 o con Plinio quella di 74 chilometri (1).

Al medio evo la montagna apparve ancora più formidabile, in quanto per esso divenne sovente teatro e scena di leggende sacre, e quale fra loro reputata d'oro perfetto come la sacra Meru, o di lapislazzuli come la montagna Nila, ovvero ancora sede del Paradiso terrestre, o predestinato centro del mondo, ovvero diventò argomento di singolari convenzionalismi, pari a quello del rigonfiamento boreale o della montagna intorno alla quale s'aggirava il sole di notte o a concezioni analoghe (2). Del resto nè il medio evo, nè il rinascimento fecero fare cammino alla conoscenza intima dei rilievi terrestri. Allora lo spirito di osservazione dei viaggiatori, mossi da una idea religiosa o da quella del traffico, poco si rivolgeva ai fatti naturali, ed è già molto se Marco Polo avverta i fenomeni di rarefazione dell'aria negli altopiani dell'Asia centrale e Odorico da Pordenone ripeta senza pronunciarsi, che Erzerum era stimata una fra le più elevate città del mondo (3).

Le stesse carte del rinascimento dapprima offrono allo studio delle montagne un tributo tanto scarso, quanto poco apprezzabile. Quei disegni a *onde*, a *montonamenti, a cordelle*, coi quali i primi cartografi dei nuovi tempi rappresentavano le montagne, erano tutt'altro che adatti a fornire la idea della orografia terrestre; anzi di consueto ne ingeneravano una falsa, sia a motivo dei pregiudizi di scuola che attribuivano elevazioni convenzionali a determinate catene di montagne, come i monti Rifei nella Europa grecale o

(1) RICCIOLIUS, *Geogr. et Hydr. ref.*, Venetiis. La Nou, 1677, pag. 203.

(2) MARINELLI, *La Geogr. e i P. della Chiesa*, qua e là.

(3) « Arziro.....; et dicunt gentes illae, quod altior sit terre omnibus aliis quae inhabitantur ». DOMENICHELLI, *Sopra la vita e i viaggi di Od. da Pordenone*, Prato, Guasti, 1881, pag. 154.

Digitized by Google

quelli della Luna nella regione niliaca, sia perchè, quasi a contrasto, tratteggiavano più fitti e più oscuri i monti più prossimi, in ragione ch'erano più conosciuti, esagerandone così il numero e l'importanza.

Nè i dati altimetrici appaiono più esatti. Il Münster attribuiva alle più elevate montagne l'altezza di 2 o 3 miglia tedesche, cioè da 15 a 22 chilom., il Riccioli pensava non impossibile l'esistenza di montagne elevate anche 64 miglia italiane, cioè non meno di 111 chilometri (1). E il padre Kircher, nello stesso secolo XVII, compilava una tabella di altitudini abbastanza curiosa, perchè meriti la pena di trarne qualche dato a confronto colle determinazioni più accreditate oggidì, riducendo in metri le misure che il Kircher offre in passi (2).

Monti	Altitudini sec. il p. Kircher	Altitudini sec. le fonti odierne	Fonti
Emo nella Tracia	16200m.	2923m.	Mis. russe
		2750	Ann. d. Bureau
Picco delle Canarie (1)	16200	3716	Mis. spagnuole
Etna	6500 – 8100	3313	Mis. topogr. ital.
Caucaso	24300 – 97200	5644	Ann. d. Bureau
		5632 (3).	Abich (Wagner)
		5661	Freshfield ecc.
Casio (?) nell'Asia Minore	46400	3841	Wagner
Athos	32400	1935 (4).	Wagner, Ann. d. Bureau
Atlante	24300	3475	Ann. d. Bureau
Stolp, o l'altissimo dei monti Rifei	40500	? (5)	
Monti della Norvegia	9720	2604	Wagner
		2560 (6).	Ann. d. Bureau
» » Luna	24300	5700 (7).	Wagner

Ma veramente tali stranezze di apprezzamento non furono comuni a tutti i dotti dei nuovi tempi, come non lo erano state in via assoluta neanche nell'antichità. Come tre secoli almeno prima di Cristo, Dicearco da Messina offriva discrete misure di montagne (2), così già nel secolo XVI e XVII il Reisch, il Galileo, il gesuita Blancano, il Grimaldi, lo spagnuolo Acosta si erano formata una giusta idea della elevazione comparativa delle catene montuose (3). V'è, per esempio, fra altre cose, un'apprezzamento dell'Acosta (seconda metà del sec. XVI) che giudica le Ande rispetto ai Pirenei e alle Alpi, paragonabili a « torri sovrastanti alle case » e che deve meravigliarci, allorchè pensiamo quanto lontani si trovino i termini del confronto e quante cause d'errore concorrano a render difficili e manchevoli siffatti giudizi.

I quali necessariamente doveano esser difettosi, finchè il concetto dell'altitudine non si fosse formato chiaro nella mente dei dotti e finchè alla semplice stima non si fosse sostituito un mezzo di misurazione delle differenze di livello tra due luoghi.

Avvertimmo (8) che l'*altitudine* è la terza coordinata necessaria per la identificazione di un punto terrestre.

Colle coordinate terrestri della longitudine e della latitudine noi veniamo a conoscere la posizione di un punto, sempre supponendo ch'esso sia collocato sulla superficie geometrica del globo. Ciò vorrebbe dire che, data la forma sferica alla Terra, quel punto si viene a supporlo distante dal centro esattamente quanto importa la lunghezza del raggio terrestre; data alla Terra la forma sferoidale, la distanza di tal punto dal centro ver-

(1) Picco di Teida a Teneriffa.

(2) *Dicaearchi Fragmenta*, ecc. Müller. *Fragm. Hist. Graec.*, t. II, p. 253; Plinio, II, pag. 65. Ecco le altitudini offerte da Dicearco.

Monti	Altitudini in istadî	in metri	Altitud. odierne
Pelio (Plessidi)	10	1838	1629m
Cillene (Ziria)	15	2765	2374
Athabirio (Rodi)	14	2589	1240

(3) Peschel, *Geschichte* ecc., pag. 425 e seguenti. — Cnfr. anche il Riccioli citato qua e là nello stesso libro VI, *Altimetricus*.

(1) Op. cit., pag. 240. « Nos majores non reperimus quam 57000 passus; sed impossibilem non putamus (altitud.) 64000 passus ».

(2) Athanasii Kircheri e S. J., *Mundus subterr.* Amstelodami, Jannson, 1678, ed. 3.ª, Pars I, pag. 93; — Balbi, *Delle primarie altit*, pag. 31.

(3) È noto che la vetta più alta del Caucaso è l'Elbrus, e ad essa si riferiscono i dati della 3.ª colonna.

(4) L'Argeus o Arscis Dag (?)

(5) Il monte Miltsin.

(6) Il monte Galdhöppig a 60° 1/2 di lat. N.

(7) Il monte Chilimangiaro.

(8) Pag. 284.

Digitized by Google

rebbe a corrispondere al raggio spettante alla sua latitudine. Ma noi vedemmo come realmente il globo presenti asprezze varie, che se lievi rispetto alla grande massa e tali da non alterarne la figura generale, acquistano importanza nella morfologia locale e nell'interesse della vita e della vegetazione.

Queste asprezze palesano che i varî punti terrestri non presentano sempre la medesima distanza dal centro della Terra; alcuni (*a*, *h* nella fig. 197) ne sono distanti la sola lunghezza del raggio terrestre (*ac*, *hc*), altri (*b*, *e*, *f*, ecc.) e son numerosissimi, di lunghezze maggiori (*bc*, *ec*, *cf*, ecc.), altri finalmente (*d*), e ciò succede di rado, di lunghezze anche minori. Cosicchè, se noi, scegliendo a caso

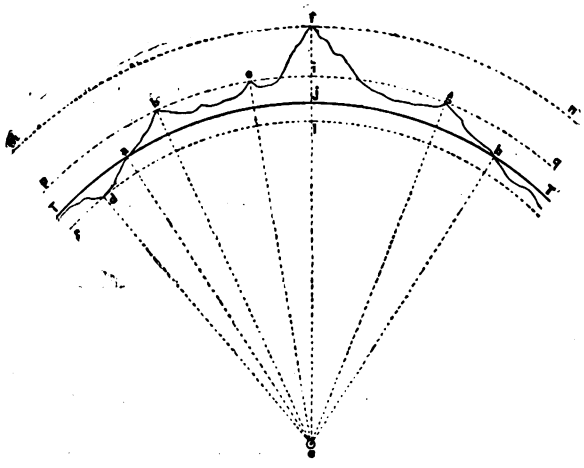


Fig. 197. — Il concetto dell'altitudine

parecchi punti posti sulla superficie del globo; per essi facessimo passare altrettanti piani orizzontali (*mn*, *pq*, *TT'*, *rdl*) con raggio eguale al raggio dei varî punti, vedremmo che alcuni dei piani potrebbero coincidere tra loro, altri riuscirebbero interni, altri ancora esterni. Data sempre la figura sferica alla Terra, i punti (*b*, *e*, *g*) pei quali passasse una medesima superficie sferica (*b*, *p*, *q*) si direbbero di *eguale altezza*, quelli (*a*, *d*, *h*) pei quali passasse una superficie *rl*, *TT'*) interna alla prima o a raggio più piccolo, si direbbero di *minore altezza* e *più bassi* rispetto a quei primi, gli altri (*f*) pei quali, passasse il piano esteriore (*mn*), si direbbero di *maggiore altezza* o *più alti*.

Da ciò si vede che il concetto dell'altitudine si riferisce da noi sempre al centro della Terra e ad una maggiore o minore distanza da esso, e quindi può essere rappresentato

soltanto dalla verticale cioè dalla direzione del raggio terrestre (1).

Riprendendo quindi la supposizione delle accennate superficie orizzontali fatte passare per varî punti, qualora noi vogliamo fissare anche momentaneamente la idea del più alto e del più basso, è necessario che, come abbiamo fatto or ora, assumiamo un di quei piani quale mezzo di paragone. Se ne avrà dapprima l'*altezza relativa* di un punto rispetto ad un altro o al piano scelto momentaneamente come base, altezza relativa che corrisponde appunto *alla differenza fra i raggi dei due piani* (2), quello passante per il punto e quello preso per base, ovvero anche *alla distanza verticale* dei due piani. È agevole comprendere come la determinazione dell'altezza relativa presenti tutto al più un interesse locale, e di quanta utilità sia assumere una delle superficie imaginarie accennate quale *piano comune di livello*, a cui riferire tutte le differenze di altezza esistenti sul globo.

Questo piano comune di livello potrebbe sì esser dato dalla superficie di una sfera terrestre fittizia costruita con un raggio medio, come anche da quella di uno sferoide pure fittizio, generato da uno dei meridiani, supponendo che esso meridiano rappresentasse esattamente la figura di tutti gli altri. È chiaro però che nel caso della figura sferica supposizia, le differenze di livello tra un punto qualsiasi e tale superficie fittizia potrebbero provenire da tre cause, cioè: 1) dallo schiacciamento polare; 2) dalla deviazione che probabilmente alcuni meridiani presentano rispetto alla forma correttamente elittica; 3) finalmente dall'altezza propria del punto. Cosicchè l'altitudine di detto punto, cioè la differenza tra il raggio medio e il raggio vero in tal caso verrebbe dato dalla fusione di elementi diversi, dei quali uno, lo schiacciamento terrestre, di un valore notevolissimo. Preso per es. come raggio medio, il raggio di una

(1) Va da sè che qui non facciamo questione delle differenze esistenti tra la verticale considerata come direzione della gravità e considerata come prolungamento del raggio terrestre, differenze, delle quali tenemmo parola a p. 207.

(2) Per es. l'altezza *relativa* dei punti *f*, e *d*, rispetto al punto *e*, verrebbe data nel primo caso dal raggio, *fc* diminuito del raggio *ec*, o, ed è lo stesso del raggio *ic*, e quindi dalla verticale *fi*; nel secondo caso dal raggio *ec*, ovvero, ed è lo stesso, dal raggio *ic*, diminuito del raggio *dc*, o, ed è lo stesso, del raggio *lc* e quindi dalla verticale *il*.

Digitized by Google

sfera di superficie eguale a quella della Terra (6 370 290^m), i vari punti terrestri verrebbero, rispetto a tale superficie media, ad assumere delle posizioni ora inferiori ora superiori, determinate più facilmente dalla latitudine che dall'altezza vera. Così riuscirebbero più bassi di tale comune livello il pelo del mare al polo Nord per circa 14211^m, la città di Berlino, posta alla latitudine di 52° 31′ e a 34^m sul mare, per circa 6300^m; Torino (45°6′ lat. N.; alt. 240^m) per circa 3300^m. Invece ad esso sarebbe corrispondente la superficie del mare circa a 35° cioè alla latitudine di Candia, e superiori il monte Bianco (lat. 45°50′; alt. 4810^m) per forse 1000^m; l'Etna (lat. 37°46′; alt. 3313) per forse 2500^m: il picco di Teneriffe (lat. 28°16′; alt. 3716^m) per circa 6200^m; il monte Gaurisancar (lat. 27°50′; alt. 8840^m) per circa 11400^m; ma più che tutti naturalmente, grazie alla sua posizione quasi equatoriale (lat. 1°30 N.; alt. 6310^m) il Cimborazo nelle Ande e cioè per 13400^m, restandogli, grazie alla minore altezza, ben addietro il Gunung di Sumatra (lat. 0°20′ N.; alt. 3089^m) e cioè per 10100^m, quando si pensi che proprio sotto la *linea* equinoziale, lo stesso livello marino riuscirebbe superiore al piano della sfera supposizia per 7089^m.

L'accettare come piano imaginario quello di uno sferoide fittizio, sopprime l'errore proveniente dallo schiacciamento, rimanendo quindi soltanto quello, ancora problematico e in ogni caso non molto rilevante (1), che deriva dalle eventuali deviazioni di questo o quel meridiano dalla forma elittica e normale. Ad agevolare poi la soluzione del problema, ci si presenta il fatto, che, secondo ogni probabilità la forma geometrica della Terra, cioè quella che deve risultare dalle grandi forze dinamiche operanti sovr'essa, viene offerta direttamente dalle acque oceaniche tranquille.

La loro naturale scorrevolezza permette ch'esse assecondino immediatamente le azioni a cui sono sottoposte e che quindi assumano la forma voluta dalle forze stesse, senza deviazioni accidentali permanenti, compensate dal rapido fluire o rifluire del liquido.

Il concetto che l'oceano presenti un livello comune e geometrico (in largo senso), non risale molto addietro nei secoli. Accennato da Archimede nell'antichità e dal Telesio nei nuovi tempi, esso ebbe sviluppo scientifico appena col Varenio, cioè nel secolo XVII, e accettazione generale soltanto da pochissimi anni. Però mentre l'antichità e i tempi di mèzzo ritornavano con singolare pertinacia alla ipotesi di tempo in tempo riproposta, di poderosi rigonfiamenti oceanici in questa o in quella parte del globo, i tempi recenti accettando la idea generale della uniformità del livello marino giusta l'azione delle leggi meccaniche, davano soverchia importanza alle cause locali che potevano alterare siffatte uniformità e quindi a speciali, se non grandissimi, dislivelli tra mari non direttamente comunicanti fra loro.

Siffatti pregiudizi vennero per caso avvalorati da inesatte livellazioni. Di tal genere sarebbe quella dell'Inghirami, che riteneva il Mediterraneo di oltre $^1/_2$ metro (0^m.57) più basso dell'Adriatico, corretta più tardi dal Marieni (1). Ma assai più diffusa al principio di questo secolo era la idea che il Mar Rosso di una quantità ragguardevole sovrastasse al Mediterraneo. In realtà, allorquando nel 1799, essendo sorta in mente a Napoleone Bonaparte l'idea di scavare un canale destinato a congiungere quei due mari, una livellazione fra questi venne compiuta da una squadra di valenti ingegneri sotto la direzione del Lepère, ne risultò fra l'alta marea a Suez e la bassa marea a Tineh (Mediterraneo) una differenza non minore di 30 *pieds et* 6 *lignes*, cioè di quasi 10^m. (9^m.91) a vantaggio di Suez (2). Ora per quanto il Lepère nel suo rapporto avvertisse alle difficoltà incontrate nell'eseguire il lavoro e provenienti da ostacoli naturali, quanto dalla fretta che le epidemie ivi allora dominanti e le ostilità mussulmane imponevano, quell'enorme dislivello venne generalmente ritenuto reale, tanto che lo stesso Humboldt si credette in dovere d'interpretarlo come originato dalle speciali circostanze di figura e di clima in cui si trova il mar Rosso (3), e il Laplace di protestare contro il fatto medesimo, come necessaria-

(1) Vedi pag. 179 e 180 di quest'opera.

(1) Marieni, *Trigonom. Vermess. im Kirchestaate* ecc., Wien. 1846. pag. VIII. Il Marieni presi 6 punti quale capisaldi per la sua livellazione ebbe questo risultato che tre di questi punti gli davano il Mediterraneo di 0 tese 30 (0m.58. *più alto* e gli altri tre lo davano di 0tese21 (0m.41) *più basso* dell'Adriatico.

(2) Lepère, *Memoire sur la comunication de la Mer des Indes à la Méditerranée* nell'opera *La Description de l'Egypte*, Paris, 1809, t. I, fol. 54 e seg.; — Lesseps, *Percement de l'isthme de Suez* ecc., Paris, Plon, 1855, pag. 85 e seg.; — Cora Guido, *Da Brindisi a Suez*, Casale, 1870, pag. 52 e seg.; — Peschel, *Gesch.* cit., pag. 742 e seg.; — Bogulawsky, *Handbuch der Ozeanographie*, Stuttgart, Engelhorn, 1848, pag. 38.

(3) *Cosmos*, I, pag. 282 e 411.

Digitized by Google

mente erroneo. La livellazione del bolognese Ghedini nel 1820 e quelle dell' inglese Chesney nel 1834 e di una commissione d'idraulici inglesi nel 1841, mostrarono evidente l'errore del Lepère. Esso poi risultò provato dalla livellazione nel 1847, condotta dai francesi Talabot e Bourdaloue, dall'inglese Stephenson e dal Negrelli, italiano allora addetto al servigio dell'Austria, livellazione che mostrò una differenza fra i due mari di soli $0^m.80$ a favore del Rosso. Finalmente quella praticata da Linant Bey differisce da quest'ultima di soli $0^m.18$ in meno, ciò che vuol dire che riduce tale dislivello a soli $0^m.62$ o in media a $0^m.71$.

Anche tra l'Atlantico e il Pacifico in addietro si credeva esistere un notevole dislivello, reputandosi superiore l'altezza del mare a Panamà sul golfo omonimo che non alla foce del rio Chagres sul mar delle Antille (1). Una prima livellazione, ordinata da Bolivar dietro preghiera dell'Humboldt, e condotta fra il 1828 e 1829 dall'americano Lloyd e dallo svedese Falmark, mostrò che il medio livello del Pacifico difatto superava di circa $1^m.05$ quello dell'Atlantico, differenza che ammontava ad $1^m.97$ nell' ora della bassa marea. Allora l'Arago, viste le difficoltà di un lavoro eseguito in una regione selvaggia e pericolosa sopra una lunghezza di 120 chilom., giudicava come tale piccola differenza significasse eguaglianza di livello tra i due mari, accordandosi quindi coi risultati che l' Humboldt otteneva da una serie di determinazioni barometriche eseguite nel 1799 e nel 1804, seppure a questo metodo di livellazione si possa attribuire un sufficiente valore trattandosi di determinazioni così delicate. In realtà poi le livellazioni di recente istituite nell' interesse del grande canale interoceanico, mostrarono la esistenza di un dislivello medio di $0^m.34$ tra i due mari, dislivello che varia entro limiti assai larghi, a motivo che alle leggere maree dell'Atlantico, il Pacifico contrappone delle maree la cui amplitudine arriva a 4 a 5^m e nei mesi di novembre e dicembre anche a 6^m e $6^m\ 1/2$ (2).

Come si vede agevolmente, le recenti diligentissime investigazioni, mentre hanno distrutto i vecchi pregiudizi di forti differenze di livello fra mari posti in comunicazione non immediata tra loro, vengono a confermare quella di leggiere disuguaglianze. Così, mentre, in seguito alle misure trigonometriche, compiute dai signori Delcros e Choppin e combinate con quelle degl'ingegneri svizzeri, si voleva fissare una differenza di livello di $8^m.4$ fra l'Adriatico e il Mediterraneo a Marsiglia e di $7^m.4$ fra quel mare e l'Atlantico, sempre a vantaggio dell' Adriatico, già le livellazioni condotte tra il 1825 e il 1827 dal Coraboeuf fra il forte Socoa presso Bajona sul golfo di Guascogna e il Mediterraneo al fonte Saintonge presso Perpignano, mostrarono una reale superiorità di livello dell'Atlantico sul Mediterraneo, però non maggiore di $0^m.73$. Le recentissime misurazioni di precisione in relazione alle misure internazionali di grado, confermano molto davvicino il fatto accennato sì per l'assieme dei porti spagnuoli (1) o francesi dell'Atlantico, quanto per quelli del mare del Nord e del Baltico. La media risultante da 17 porti francesi dell'Atlantico e della Manica distribuiti tra Baiona e Dunkerque dà a quei mari una maggiore altezza di $0^m.742$ sul Mediterraneo a Marsiglia, mentre lo stesso ragguaglio apparisce di $0^m.796$ ad Ostenda sul mare del Nord e di $0^m.740$ a Swinemünde sul Baltico (2). Dunque una tal quale diversità di livello esiste tra mari anche vicini, anzi essa può riscontrarsi nell'istesso mare soltanto per il discquilibrio fra i tributi dei fiumi e l'evaporazione o per altri motivi che sfuggono alla osservazione. Così il Baltico apparisce di almeno $1/2$ metro più elevato nella sua parte orientale che non nella occidentale; così il mare a Brest o a Cancal, apparisce circa $2/3$ di metro (da $0^m.62$ a $0^m.76$) più alto che non alla Rochelle o alla Havre, e analoghe differenze si riscontrarono lungo le coste del Portogallo (3).

(1) HUMBOLDT I, pag. 411.

(2) HÉLÈNE MAX., *Les nouvelles routes du globe*, Paris, Masson, 1883, pag. 79.

(1) La livellazione di precisione tra Alicante e Santander mostrò che il livello del Mediterraneo è di 0m 66 più basso di quello dell'Atlantico; — quella fra Amsterdam e Marsiglia per l'Alsazia e Lorena diede al Mediterraneo un'altitudine di — 0.n.81 e per la Svizzera l'altitudine di — 0m.83; — finalmente quella fra Amsterdam e Trieste per la Slesia diede all' Adriatico l' altit. di — 0m.47 e per la Baviera l'altit. di — 0m.71. Il generale Tillo fondendo queste varie medie, cioè — 0m.66, — 0m.82 e —0m.59, viene ad assegnare al Mediterraneo rispetto all' Atlantico una altitudine approssimativa di — 0m.70 Cnfr. DRAPEYRON. *Revue de géogr.*, dic. 1883.

(2) BRUHNS, *Bericht über die neuesten Fortschritte d r europ. Gradmess*, in *Geogr. Jahrb.*, VI, 1876. pag. 314; VII. 1878 pag. 269; VIII, 1880 pag. 291 e seg.

(3) Il maggiore Aden collegando nel 1873 le livellazioni di precisione francese, belga, olandese e prussiana e fissando come 0 della scala la media altezza del mare ad Ostenda, trovò che la media altezza dei mari nei porti qui sotto indicati, può esser data dalla tabella seguente, nella quale naturalmente il segno + indica livello *superiore* e il segno — livello *inferiore* a quello di Ostenda.

Digitized by Google

Questa è veramente una causa di errore nella determinazione delle altitudini riferite al livello del mare, e ciò almeno finchè non si stabiliscano con precisione le differenze di livello tra mare e mare, e non si assuma uno fra essi a rappresentare lo 0 di altezza o un livello fondamentale (1). Ma d' altronde tale differenza è troppo piccola, perchè essa nel maggior numero dei casi non venga assorbita negli errori di osservazione, che accompagnano tutte le livellazioni.

Invece, una maggiore fonte di errori e di incertezze proviene dal fatto della incostanza del livello marino, specialmente in grazia della marea (2). Prescindendo delle maree esagerate e accidentali, come anche delle massime colme o delle massime secche sizigiali, è certo che la oscillazione diurna del livello marino presenta almeno tre differenti stadii, ognuno dei quali potrebbe per un momento essere considerato come *livello del mare:* 1.° quello della media *bassa* marea; 2.° quella del mare *medio;* 3.° quello della media *alta* marea. Quale di essi è il preferibile?

I Veneziani, con quel senso pratico delle cose che li distinse fra tutti i popoli, aveano già risolto tale problema almeno quattro secoli addietro, assumendo a modulo fondamentale la cosiddetta *comune alta marea.* Forse tale determinazione risale ad un'epoca anteriore al 1440, ma senza dubbio sotto questa data v'è cenno di essa in un pubblico documento del magistrato alle acque. A Venezia il livello della comune alta marea, o come si diceva più brevemente, il *segno del comune* o *comune d' acqua*, risultava, senza bisogno di speciali ricerche, dalla traccia oscura sulle fondamenta delle case o sui pali di legno lasciata dall'acqua che ordinariamente cresceva fino a tal limite; ond'esso venne ritenuto quale zero di riferimento per tutte le altitudini di Venezia, anzi dell'estuario veneto, fino al 1871 (1).

Senonchè tale agevolezza di determinazione non si trova in tutte le spiaggie, nè, e questo più monta, tutti i mari offrono le leggiere amplitudini delle maree venete, dove le medie alte maree non differiscono dalle basse di più che 57 centimetri (2). È noto, e lo vedremo a suo tempo, come vi abbiano moltissime località per le quali le differenze fra le medie colme e le medie secche superano ordinariamente i 10, i 12 e i 15^{m} e raggiungono ancora valori più cospicui. Gli è perciò che al sistema veneziano si credette di dover sostituire quello che considera come 0 o come fondamento per le altitudini il *livello medio marino*, che si determina mediante nu-

Porti	Altit. in metri	Porti	Altit. in metri
MEDITERRANEO		MARE DEL NORD	
Marsiglia	— 0.730	Dunkerque . . .	+ 0.046
ATLANTICO		Ostenda.	0.000
Bayonne	+ 0.126	Terneuzen	— 0 006
Bassin d'Arcachon	— 0.130	Amsterdam . . .	— 0.100
La Rochelle	— 0.330	Cuxhaven	— 0.164
Sable d'Olonne . .	— 0.141	BALTICO	
Saint Nazaire . . .	+ 0.017	Eckerpforde. . .	— 0.358
Lorient.	+ 0.260	Kiel.	— 0.252
Brest	+ 0.292	Travemüde . . .	— 0.228
MANICA		Wismar	— 0.190
Sain Malò	+ 0.215	Warnemünde . .	— 0.152
Cancal	+ 0.367	Stralsund	— 0.110
Granville.	+ 0.160	Wiek, ...	— 0.102
Cherbourg.	+ 0.165	Swinemünde. . .	— 0 048
Carentan.	+ 0.127	Colbergermünde,	— 0.145
Havre.	— 0.389	Stolpmünde . . .	— 0.124
Dieppe	— 0 071	Neufahrwasser .	— 0.014
Boulogne.	+ 0.106	Pilau.	— 0 102
Calais	+ 0 023	Memel	+ 0.217

L'inclinazione del Baltico prosegue ancora di più verso oriente, dove fra Kronstadt da un lato e Dünamünde e Revel dall'altro si notarono differenze 0:n 30 e 0m.60 circa. Cnfr. anche *Bollett Soc. Geogr. ital.*. 1879, pag. 856.

Mentre però per questo mare il dislivello è senza dubbio attribuibile al disequilibrio accennato fra il tributo dei fiumi e l'evaporazione, la medesima causa non sembra produrre le differenze osservate nei porti francesi.

(1) I geodeti sono ormai d'accordo nel ritenere necessaria la fissazione di uno *zero* unico almeno per tutte le livellazioni europee; anzi nel III Congresso geogr. internaz. di Venezia del 1881, vi fu chi propose a tale scopo l'adozione del livello del Mediterraneo, nel quale, per essere mare interno, l'*onda marea* presenta piccola ampiezza e il livello medio è più facilmente determinabile. In seguito a varie considerazioni la proposta parve allora prematura e qualsiasi decisione in proposito fu rimessa ad altro tempo.

(2) V. a pag. 220 e seg Temporanee differenze di livello possono essere prodotte anche dalle burrasche. Nel mar Baltico per es. la tempesta dal 12 al 14 novembre 1872, alzò di 3^{m} o 3^{m} $\frac{1}{2}$ il livello dell'acqua lungo le coste dell' Holstein e del Meklenburg. Maggiori effetti di tal genere si notarono nel mare del Nord, nel golfo del Bengala ed altrove. Anche la insistenza di certi venti e una prolungata depressione barometrica possono produrre analoghe conseguenze. Venezia colle sue *acque alte*, ne fornisce un evidente esempio.

(1) LUCIANI ed UZIELLI, *Movimenti litorali del suolo di Venezia* in *Bollet. della Soc. Geogr. ital.*, 1881, pag. 576; — *Terzo Congresso Geogr. internaz. in Venezia.* Vol. I; *Notizie e Docum.*, pag. 70. 237 e 353; — *Italia Economica*, 1873, Roma Barbera, 1874. pag. 88; — TONO, *Confini, posiz. geogr.* ecc., *di Venezia.* Venezia. 1880-1881. pag. 75; — BETOCCHI, *Mareografi esistenti lungo i mari Mediterraneo ed Adriatico*, Roma, 1875.

(2) A Venezia le 60 000 osservazioni mareometriche compiute tra il 1872 e il 1878, danno queste amplitudini per le maree:

	Alt. sul medio marino	
	Massime	Medie
Alta. . . .	+ 0m.41	+ 0m.30
Bassa . . .	— 0m.50	— 0m.27
Amplitud . . .	0m.91	0m.57

Il mareometro di Venezia fu posto in modo che lo *zero* della sua scala si trovi 1m.24 sotto il *medio livello del mare*, ovvero 1m.51 sotto la *comune alta marea.*

Digitized by Google

merosissime serie di osservazioni mareometriche o flussometriche. Una sottile indagine protratta su questo argomento forse condurrebbe a dubitare se lo stesso livello medio del mare debba riputarsi permanente rispetto ad un caposaldo fissato sulla costa e non già per mutazione spettante al mare quanto a motivo delle oscillazioni lente, ma indiscutibili, di quasi tutte le coste finora studiate: tuttavia, oltrechè a questa incostanza di livello si può ovviare ripetendo sovente i raffronti tra gli *zeri* delle scale mareometriche e il livello medio del mare, essa si manifesta con lentezza così grande, che per periodi lunghissimi quel livello si può ritenere senz'altro costante.

Posto tutto ciò, dai dotti generalmente ormai è convenuto che il *livello medio del mare* si debba ritenere come unico piano fondamentale di riferimento di tutte le altitudini (1). Siccome però occorre sovente di determinare non soltanto la differenza di livello tra un oggetto e il piano comune di riferimento, ma fra quello ed un'altro oggetto, così ne derivò la necessità di distinguere due sorta di altezze. Si disse quindi *altezza assoluta* od *altezza sul mare* o semplicemente *altitudine* di un punto quella riferita al livello medio del mare e il cui valore corrisponde alla lunghezza della perpendicolare (*fj*, *ij*, *lj* nella figura 197) che si suppone abbassata od innalzata dal punto in questione sul mare o sull'ideale prolungamento del piano del mare (T T') fino ad incontrarla. Si disse *altezza relativa* la differenza di livello tra due punti dati, ovvero la più breve distanza (*fi*, *fl*, *il*) interposta tra due piani orizzontali, che si facciano passare per i due punti dati. Così per es., mentre l'altitudine del M. Bianco è di 4810^m, e quella del lago di Ginevra è di 375^m, l'altezza relativa di quel gigante delle Alpi sul lago rimane di 4435^m; del pari, mentre l'altitudine del monte Cavo nei monti Albani a sirocco di Roma si ragguaglia a 949^m, e quella del lago di Albano a 295^m, l'altezza relativa tra quello e questo si riduce a 654^m. Siccome poi si può ricercare l'altitudine di luoghi posti al disotto del livello marino, così è d'uopo altresì distinguere queste altitudini che si dicono *negative* (*jl* nella fig. 197) dal maggior numero che si dicono *positive* e che si riferiscono a località sovrastanti al livello marino (1). Così il lago Asfaltite o Mar Morto presenta l'altitudine negativa di -394^m, ciò che vuol dire che il suo livello è posto 394^m sotto quello del Mediterraneo; mentre Gerusalemme presenta l'altitudine assoluta di $+760^m$, perchè sovrasta di altrettanto al livello di quel mare. L'altezza relativa però di Gerusalemme sul celebre lago delle cinque città distrutte secondo la tradizione biblica, risulta questa volta dalla somma dei due valori, cioè si deve ragguagliare a 1154 metri.

Anche la scoperta dei mezzi, onde determinare in modo esatto e sicuro le altitudini, procedette assai lentamente, più lentamente forse che non abbia progredito qualsiasi altra parte della geografia pratica. Gli esempi porti in addietro, mostrano a quali concetti erronei pervenissero nell'apprezzare le altitudini i dotti del secolo XVII. E ciò doveva necessariamente succedere, finchè unico metodo per determinarle era la stima ad occhio, ovvero l'uso di strumenti imperfettissimi. Una specie di valutazione a stima, ma senza dubbio perfezionata, era quella proposta dallo Snellio (1617), secondo la quale l'altezza di una cima si poteva dedurre dalla distanza da cui essa si rendeva visibile in mare. Però applicata da lui al picco di Teida (Tenerife) e all'Etna, gli diede rispettivamente quasi 11000 e 7400^m d'altezza, invece di 3716 e 3313^m che risultano dalle odierne esatte misurazioni.

Per la misura comparativa di monti non lontani, valse a lungo il metodo, tuttora sovente adoperato dagli alpigiani, di tener conto della caduta delle prime e delle ultime nevi, della loro durata, come del limite in cui si notano perenni le nevi, e i ghiacci o a quello a cui arrivano alcune piante. Ma l'altimetria continuò a dare risultati inattendibili, finchè non si svilupparono maggiormente i due metodi geodetici della *livellazione ordinaria* e delle *determinazioni trigonometriche*, e i due metodi fisici, cioè quello dell'*ipsometro ad acqua bollente* e sopratutto quello dei varî *barometri*, sì a mercurio, come aneroidi, nelle misurazioni delle altezze.

(1) Non credemmo di discutere un'altra eccezione, che si può muovere all'adozione del mare come piano fondamentale di livello e cioè quella che proviene da recenti teorie, secondo le quali gli Oceani debbono presentare una forma, non d'remo concava, ma leggermente depressa nelle parti più lontane dalle coste, depressione segnalata altresì da molte osservazioni sul pendolo. Ne facemmo un cenno e ne discorreremo più a lungo ancora. Lo stadio tuttavia in parte ipotetico di siffatta teoria, ci dispensa dall'attribuirle per ora un grandissimo valore rispetto al problema altimetrico di cui adesso ci occupiamo.

(1) Le altitudini *negative* si distinguono col segno —; le *positive* col segno +, ovvero con nessun segno. Vedi l'elenco delle principali altitudini negative del globo in **Prospetto XXXI**.

Digitized by Google

Estremamente lenta nei suoi procedimenti, ma altrettanto esatta nelle sue conclusioni, la livellazione ordinaria (1), più che a determinazioni d'interesse geografico, fu generalmente diretta a scopi stradali od idraulici, ed è soltanto forse da un secolo, che i dati da essa fissati, vennero ad aumentare il tesoro di notizie che la geografia raccoglie. In questo secolo poi, spinti con suprema energia i lavori stradali e specialmente ferroviari, il tributo di fatti che questo metodo potè fornire ai nostri studî fu oltre ogni dire abbondante e prezioso. Anzi da pochissimo tempo esso trovò applicazione, non soltanto in opere d'interesse economico e materiale, ma in un argomento di altissimo fine scientifico qual'è quello delle *livellazioni di precisione*, collegate colla misura del grado europeo.

Le misure trigonometriche, la cui idea embrionale forse già balenava alla mente di Dicearco da Messina, e che in forma rudimentale non erano ignote al medio evo specialmente fra gli Arabi, trovarono applicazione nella determinazione delle altitudini nel secolo XVII, nel quale il gesuita Blancano, circa nel 1620, ne traeva l'altitudine del monte Baldo presso Verona, e il Riccioli e il Grimaldi ricavavano quella del Cimone nell' Apennino modenese e di altre montagne ancora.

Lo stesso metodo poi ebbe applicazione più ampia in Francia nel secolo scorso per opera del Cassini e poscia si diffuse dovunque, dando risultati incerti dapprincipio, indi sempre più perfetti e sicuri a mano a mano che andavano migliorandosi gli strumenti ed i metodi sì di osservazione come di calcolo, sicchè adesso, specialmente quando una vetta può essere girata da ogni parte e diventa il vertice di parecchi triangoli, può raggiungere una esattezza, a dir vero, grandissima (2).

(1) Cioè eseguite mediante quegli strumenti che al geodeta sono noti col nome di *livelli*.

(2) Ecco per esempio alcuni dati di altezza dei tempi decorsi paragonati con quelli che risultano dalle misure odierne, essendo tutti di provenienza trigonometrica. Li riduciamo tutti in metri.

	Cassini (1700)	Mis. odierne		
Puy de Dôme	1594m.	1465m.		
Canigou (Pirenei)	2809	2785		
	Boscovich (1752)	Marieni (1843)	Fergola (1809)	
Tesio	931.6	959.4		
Fionchi	1350.7	1335.3		
Catria	1691.7	1702.2	1702.4	
Pizzo di Sevo	2419.9	2419.5		
Termillo	2213.9	2216.2		

Forse nessuna montagna fu oggetto di ricerche numerose come il picco di Teida nell'isola di Tenerife. Esponiamo in ordine cronologico le quote attribuitegli limitandoci soltanto a quelle dedotte trigonometricamente (Balbi, *Prim. altit.*, pag. 56).

Senonchè il secolo XVII, colla scoperta del barometro, offerse alla scienza uno strumento altimetrico, che, se non per isquisita esattezza di risultati, almeno per esiguità di costo, per facilità di costruzione e di uso, la vince di molto sul teodolite, almeno nell'interesse generale della geografia. In un punto solo, ma capitalissimo, il metodo barometrico deve mettersi in seconda linea confrontato col trigonometrico; ed è in ciò che quello esige assolutamente l'accesso dello strumento e dell'osservatore alla località della quale si vuol misurare l'altezza, e il trigonometrico non richiede tale condizione sovente ineffettuabile. L' ultimo centennio e cioè cominciando dal De Saussure, dal Ramond, dall'Humboldt, dal Webb, dal Parrot e proseguendo coi Colebrooke, cogli Schlagintweit, coi Giordano, coi Whymper, vide miracoli in fatto di alpinismo, e cime eccelse, remote, circondate da paurose barriere di roccie, di nevi e di ghiacci tali da farle dai più valenti ed imperterriti giudicare inaccessibili, vide essere superate dall' ardimento e dalla pertinacia umana. Quando Giacomo Balmat, la guida di De Saussure, raggiunse, nel 1786, dopo infiniti tentativi ed indicibili stenti, la cima del m. Bianco alta 4810^m, parve un' impresa eroica, incredibile (1); eppure pochi anni appresso, a 22 e 23 giugno 1802, l'Humboldt sul Cimborazo saliva a 18096 *pieds*, pari a 5878^m, e Boussingault ed Hall il 15 dicembre 1831 si spingevano sull' istessa montagna a 6004^m; Roberto Schlagintweit il 19 agosto 1856 traversava il passo di Ibi Gamin nell' Imalaia alto 6236^m, e poscia s'alzava lungo i fianchi della montagna omonima sino alla enorme elevazione di 6784^m (22259 p. ingl.), emulato, se non superato in questo, dal Whymper, che 3 anni or sono a 3 gennaio del 1881, con due guide italiane, raggiungeva la sommità del Cimborazo, alta, secondo le sue misure, ben 6513^m (2). Ma que-

Osservat. o calcolatore	Altezze
P. Feuillée (1724)	4313m.
» » modif. dal Bouguer	4019
Hermandez (1742)	5181
Manevilette (1749) (fatta alla vela)	3898
Heberden e Crosse (1752) con 5 ripetizioni	4693
Pingrè e Borda (1771)	3396
» » » » (fatta alla vela)	3314
Borda (1776)	3712
Churruca (1788) (fatta alla vela)	4274
Johnston (?)	3709
Ufficiali spagnuoli (Coello)	3716

(1) De Saussure, *Voyages dans les Alpes*, Neuchatel 1796, tomo VII, pag. 220 e seg.

(2) *Alpine Journal*, N. 70 e 71; — *Bollett. del Club. Alp. ital.* Anno 1881, pag. 257 e seg. Il dato di 6513m. è del Whymper; il Wagner preferisce quello di 6310m. dovuto alle misure di Reiss e Stübel.

Digitized by Google

ste e consimili ascensioni rappresentano delle vere epopee dell' alpinismo e della scienza, e per quanto l' uomo, nella lotta contro gli elementi, e specialmente contro la rarefaziore dell'aria e contro il *mal di montagna*, il *bis* o *soran*, in una parola l'*aria avvelenata* degl' Imalaiani, possa sovente riuscire vincitore, più grazie agli ausiliari che la sua intelligenza gli procura che non alla sua forza muscolare, è da ritenersi probabile che le sue vittorie abbiano un limite e ch' egli, qualora non si serva dell' areostato, non giunga mai a porre il piede sugli eccelsi pinnacoli del Gaurisancar (8840^m), del Dapsang (8619^m), del Canchingianga (8582^m), dell' Aconcagua (6834^m), del Nevado de Sorata (6550^m), e su consimili altezze tocche forse soltanto, dall'artiglio del gipeto barbato o del condor (1). E se anche, pur quelle fossero domate, non v'è dubbio che il posarvi il piede sarebbe in ogni caso riservato a pochi mortali privilegiati per corpo eccezionalmente robusto, e per animo ancor più gagliardo, doti che non sempre s'accompagnano colla scienza.

Il teodolite, lo strumento principe della trigonometria, scusa la necessità di raggiungere tali cime; ed è per esso soltanto che nella sola ampia catena dell'Imalaia si poterono misurare oltre a 120 vette elevate più di 6500^m, finora inaccesse e forse inaccessibili all'uomo (1).

La prima misura compiuta col barometro fu quella che il Pascal a 19 settembre 1648 condusse tra Clermont e il Puy de Dôme, benchè il principio fondamentale di siffatto metodo di livellazione in Italia fosse stato già esposto dal Berigardi cinque anni innanzi, nel 1643 cioè appena inventato il nuovo strumento (2). L' esempio del Pascal trovò imitatori bentosto dovunque, e fra altri, in Italia, nel Montanari, che con tal metodo nel 1671 paragonava l' altezza della torre degli Asinelli in Bologna con quella del Cimone, da noi già menzionato e che a lui apparve alto 6676 piedi romani (2004^m) sul mare, invece dei 2160^m che gli si assegnano oggidì. Le difficoltà maggiori per trarre esatte conclusioni dalle osservazioni barometriche stavano nella incertezza dei ragguagli tra il peso dell'aria a varie altitudini e quella del mercurio, e nella molteplicità delle correzioni riguardanti la temperatura e lo stato igrometrico dell' aria. Per cui si moltiplicarono le teorie e quindi le formule dirette a fissare la corrispondenza fra date differenze di pressione e le differenze di livello che le producevano. Difettose dapprima, in seguito ai lavori del De Luc, del Gauss, dello Shuckburg e sopratutto del Laplace, esse andarono sempre più perfezionandosi, sicchè gli errori che adesso risultano da una livellazione barometrica fatta in buone condizioni di tempo e colle dovute diligenze, se possono essere superiori alle esigenze del geodeta e dell'ingegnere, non lo sono quasi mai a quelle del geografo, del geologo ed in genere del naturalista (3).

Ormai quale strumento misuratore delle

Ecco l'elenco quindi delle massime altezze raggiunte nelle ascensioni areonautiche, giusta un recente lavoro del P. Franc. Denza (*Il centenario dell'invenzione degli aerostati e l'Italia* in *Bollettino dell' Associaz. metereol. ital.*, 1883, pag. 154).

Data	Luogo	Aeronauti	Altezza raggiunta metri
1862, 5 settembre	Londra	Glaisher e Coxwell	10460
1875, 15 aprile	Parigi	Sivel, Croce-Spinelli e G Tissandier	8550?
1808, 22 agosto	Padova	Pasq. Andreoli e Carlo Brioschi	8265
1862, 30 giugno	Londra	Glaisher e Coxwell	8000
1863, 18 aprile	»	» » »	7800
1864, 31 marzo	»	» » »	7500
1803, 18 luglio	Amburgo	Robertson	7400
1850, 24 »	Parigi	Barral e Bixio	7049
1804, 16 settembre	»	Gay-Lussac	7016
1863, 26 giugno	Londra	Glaisher e Coxwell	7000
1852, 10 novembre	Kew	Wels	6989

(1) Il Réclus (*Nouv. Geog.*, VIII, pag. 45) afferma che il Johnston abbia già raggiunto l'altezza di 6900.

Le effemeridi alpinistiche portano notizie di ascensioni compiute nella scorsa estate (1883) dal signor Graham, un inglese, nella catena dell'Imalaia Esse sarebbero tali da eclissare quelle del Whymper e di Roberto Schlagintweit, dacchè le lettere del signor Graham affermano come egli sia asceso sul Dunagiri fino circa a 7800m. e sul Nanda Devi fino ad 8500m. Riferendo la notizia, non ne assumiamo veruna responsabilità, V *Rivista Alpina italiana*, Vol. II, 1883, pag. 126. Fra le ascese importanti compiute da Italiani fuori dell'Europa accenniamo solamente a quella del Popocatepetl (5420^m) nel Messico, già quasi compiuta nel 1855 dal signore Craveri di Bra, e veramente condotta a termine nel settembre del 1871 dal signor Carega de Muricce (*Storia ed ascens. del Popocatepell*, Firenze, *Gazzetta di Italia*, 1874) e quella del Domavend (5628^m o 5670^m) in Persia, compiuta il 13 agosto 1862 dai signori Lessona, Orio, Ferrati ed altri (De Filippi, *Note di un viaggio in Persia*. Milano, Daelli, 1865, pag. 251 e seg).

(1) Schlagintweit R., *Die in der Himalaya Kette bis jetz gemessenen Gipfel.* in *Geogr. Jahrb.*, I, 1866, pag. 272 Nel solo Imalaia occidentale il colonello Waugh misurò 450 vette superiori a 5000m.

(2) Vedi in proposito Peschel, *Geschichte* pag 689; — Schmid, *Meteor.*, pag 837 e 928; — Grass, *Misura delle altezze*, Milano 1876; — Govi, *Intorno alla misura delle altezze col Barom.* in « *Atti della R. Accademia di Torino* » Vol. IV: 1873, disp. IV, marzo; — Carandini, *Al Cimone*, Modena. 1875: — Claud. Berigardi, *Circulus Pisanus de veteri et peripathetica philosophia*, 2.ª edit., Patavii, 1664, pag. 621. La dedica della 1.ª ediz. di quest'opera porta la data del 1.° gennaio 1613.

(3) Il monte Bianco, secondo una media dedotta dalle più accreditate misure trigonometriche, risulta elevato 4113m. sopra l'osservatorio Senebier (398m. sul mare) di Ginevra. Ecco a cosa ammonterebbe tale differenza, ap-

Digitized by Google

altezze è pressochè abbandonato l'ipsometro ad acqua bollente, inventato dal De Luc nel 1770, costruito dal Wollaston nel 1817, a motivo dei grossi errori, ai quali dà origine, e si riserva soltanto pei casi, nei quali manca ogni altro strumento (1).

Invece da alcuni anni è andato oltremodo diffondendosi nell'ipsometria l'uso dell'aneroide o barometro olosterico, strumento senza dubbio preferibile a tutti per la facilità della osservazione, e dei calcoli, e per la solidità e comodità del trasporto, ma altrettanto mal sicuro nei suoi dati, specialmente qualora non ci sia modo, come avviene nei lunghi viaggi, di paragonarlo frequentemente coi consueti barometri a mercurio. La singolare agevolezza dell'uso dell'aneroide ingenerò poi il moltiplicarsi straordinario dei dati ricavati mediante il suo impiego; ma, mentre con esso, specialmente trattandosi di dovere determinare l'altezza di località difficilmente accessibili, si resero ormai dei preziosi servigi alla scienza; questa, e a ragione, ne accetta i risultati con molto riserbo (1).

La scoperta dei varî strumenti accennati, la costruzione di molteplici linee stradali e specialmente ferroviarie, la istituzione di rilievi catastali o topografici, sia per ragioni censuarie ed economiche, come per ragioni militari e politiche, i viaggi e le escursioni montane rinnovantisi con crescente entusiasmo, moltiplicarono quindi in modo meraviglioso il numero dei dati altimetrici o di ciò che, con frase tecnica, si chiama *quota d'altezza* o *quota di livello*. Non v'è forse parte della geografia che nell'ultimo centennio abbia progredito con maggiore celerità. Un secolo fa (nel 1783), il Pasumot (2) riassumeva tutte le montagne delle quali si conosceva con una certa esattezza l'altitudine, in 84, e di esse 40 spettavano alle Alpi, 28 erano disperse qua e là nella Francia, 16 erano in America; — nel 1807 l'Humboldt (3) ne contava ancora non più di 122 e di esse 2 nell'Africa, 2 nell'Asia, 30 (e di queste 24 misurate dall'Humboldt stesso) nell'America, 88 in Europa e fra queste il maggior numero spettava all'Italia, ovvero alle catene delle Alpi e dei Pirenei; — nel 1815 il Miltenberg ne portava già l'elenco a 3000; — e nel 1826 il Bruguière nella sola Europa, e pur escludendo dal computo gli Urali, lo Spitzberg e le Azzorre, contava 7205 altitudini, delle quali 1795 appartenevano alle Alpi, 659 ai Vogesi, 532 alla Gran Brettagna.

Oggidì le quote altimetriche in ogni Stato civile si contano a migliaia e a decine di migliaia, anche limitando la considerazione alle sole quote di provenienza topografica. È vero che qualche lacuna di una certa rilevanza non manca, come, ad esempio, in Europa è quella dei territorî spettanti alla penisola balcanica, e, diciamolo pure, di alcune parti d'Italia, ma esse vanno colmandosi di giorno in giorno.

plicando agli elementi ricavati il 7 agosto 1787 dal De Saussure sul monte Bianco e dal Senebier nel suo osservatorio le più conosciute formule barometriche per la misura delle altezze.

Formule	Altezza relativa sopra l'osservat.	Differenza coll'altezza relativa vera (4413 m.).
Del Mariotte.	2769	— 1644
Dell'Halley	4374	— 39
Dello Scheuchzer.	3599	— 814
Del Bouguer.	4351	— 62
Del De Luc	4331	— 82
Del Laplace colla costante del Ramond	4431	+ 18
Id. colla cost. del Gauss (1818)	4425	+ 12

Generalmente adesso nelle livellazioni barometriche prevale l'uso della formula del Laplace, sviluppata dal Mathieu e ridotta alla portata di tutti mediante tabelle che ogni anno vengono ripubblicate nell'*Ann. de Bureau des Longit.* Altre tabelle ed altre formule variamente diffuse sono quelle del Laplace ridotte dal Radau, dal Babinet (sulla vecchia dello Schuckburg), nel Saint Robert e qualche altra. L'attuale osservatorio di Ginevra è alto sul mare 408m. e quindi fra esso e la cima del Monte Bianco esiste un dislivello di 4402m. Assumendo a base le osservazioni contemporanee praticate nelle due località il 29 agosto 1884, in occasione dell'ascesa del m. Bianco compiuta dai signori Bravais e Martins, e sperimentando sovr'esse le varie formule, si ottiene:

Formule	Alt. relat. del m. Bianco sopra l'osservatorio	Differenze coll'altezza relat. vera
Del Laplace rid. dal Mathieu	4407	+ 5m.
» » » » Radau	4407	+ 5
Dello Schuckburg o di Babinet	4308	— 94
Del Saint Robert	4376	— 26

Si avverta però che la coincidenza tra la formula del Radau e quella del Mathieu, si deve ritenere casuale.

Quanto a diversità di deduzioni intorno all'altitudine del monte Bianco, vedi tra le altre fonti HÜBER, *Le massif du Mont-Blanc*, recensione in *Bullet. de la Soc. de geogr.*, Tome VII, 1866, pag. 345.

(1) Nell'elenco di 100 gruppi montuosi (*Höhenlaf.* ecc.) del Berghaus, da noi citato, si notano tre sole vette determinate coll'ipsometro ad acqua bollente e cioè il Ljubatrin nello Cardag (Albania), il Camerun nella Guinea e il Bajam Sum-bur (Ala-Taun) nella Mongolia, tutti e tre posti in regioni difficili e poco accessibili.

(1) Nella copiosissima bibliografia che ormai l'altimetria barometrica vanta è raccomandabile fra altri: GRASSI, *Sulla misura delle altezze mediante il barometro*, Milano, Hoepli, 1876.

(2) BALBI, *Delle primarie altitudini del globo*, ecc. p. 76 Il KANT, *Géogr. fis*, IV, pag. 101, cita come un ricco elenco di altezze di montagne il *Tableaux comparatif des principaux montagnes del* ROZIER (*Journal Sept.*, 1873), che noi non potemmo esaminare. Il Kant poi dà l'altitudine di 73 punti, fra i quali 40 montagne. La traduz. italiana che le contiene è del 1809.

(3) *Ideen einer geogr. der Pflanzen*, ecc. in PESCHEL, *Geschichte*, pag. 702, nota.

Digitized by Google

E fu soltanto mercè questo enorme moltiplicarsi delle misure che si potè creare un ramo di scienza particolare cui spetta il nome di *altimetria comparata*, e che la plastica conformazione della superficie terrestre potè essere abbracciata esattamente secondo linee generali e complessive.

Così, dopo la misura eseguita dal Feuillée nel 1724, il picco di Teida perdette la fama di essere la più alta vetta del globo; così il Gottardo (Piz Rotondo, 3197 m) la cui riputazione dipendeva dall' essere scaturigine di tre fiumi importanti (1), fin dal principio del secolo scorso, dovette cedere il primato al Titlis (3239m), poi al monte Bianco (4810 m) e questo stesso, dopo i viaggi di Bouguer e Lacondamine (1745), al Cimborazo, che fu considerato la più alta cima del globo fino

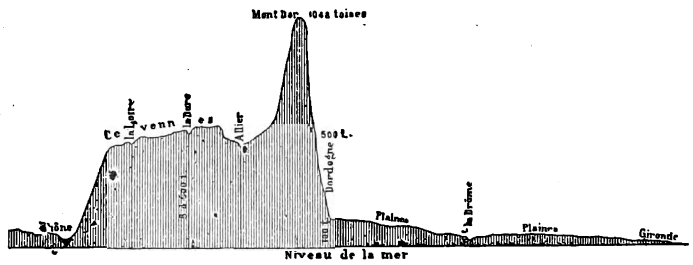


Fig. 198. — Profilo della Francia secondo il Dupain-Triel.

al 1818, e ancora dell'America fino al 1828. In quell'anno le misure praticate dal Webb sul Giavair e sul Davalaghiri, in questo quelle del Sahama e dell' Illampu o Sorata e eguite nella Bolivia, gli tolsero l'un primato e l'altro. Lo stesso Davalaghiri (8176m) nel 1848 doveva esser vinto dal Canchincianga (8582m) misurato dall'Hoocker e questo monte medesimo a sua volta nel 1856 dal Gaurisancar o mount Everest (8840m), che dopo le misure del Waugh, viene senza contrasto ritenuto la vetta più superba dal globo (2).

La misurazione delle cime alpestri serve qualche volta a fine scientifico, ma più spesso a soddisfare il senso innato della curiosità e all'attraenza del grandioso. Invece ben altrimenti utile per la scienza e per la pratica della vita è la determinazione delle altitudini dei passi, delle giogaie rispetto alle vette, dei limiti delle nevi e dei ghiacciai, delle vegetazioni e delle abitazioni umane temporarie (cascine, case di posta estiva e consimili) e stabili, delle sorgenti e dei letti dei fiumi, dei fondi delle vallate, dei laghi e tante altre di simil fatta, alle quali andò a mano a mano a rivolgersi l' attenzione dei cultori di questo ramo di scienza e in genere, del geografo. Ne derivò la possibilità di formarsi, come avvertimmo, un concetto complessivo dell'andamento generale di vasti tratti di paese, formazione agevolata altresì da alcuni speciali procedimenti grafici, che la mente umana, andò a poco a poco escogitando.

L' Humboldt credeva (1) di essere stato il primo a costruire dei *profili* geografici; ma ben prima di lui, nel 1736 e nel 1752 ne aveva costruiti di marittimi il Buache, e nel 1783 il Pasumot s' era servito di tale mezzo per paragonare le altezze dei Pirenei, delle Alpi e delle Ande, e nel 1791, un altro francese, il Dupain-Triel aveva con un profilo altimetrico (Fig. 198) rappresentata la sezione del suolo francese, interposta tra il Rodano e la Garonna (2). Anzi tale metodo era noto da un pezzo agli ingegneri e agli idraulici italiani, ma da essi riservato ai disegni delle fortezze o a rappresentare l'altimetria dei fondi di fiumi (3).

Del pari la conoscenza della plastica orografica, ebbe potente impulso dai miglioramenti introdotti nell' ombreggio dei monti, specialmente dacchè alla figura ondulata delle mon-

(1) « Montibus e magnis nascuntur flumina magna »; sclamava il Riccioli nel secolo XVII, riproducendo analoga sentenza di Aristotile (*Meteorol.* I.) Cnfr. Riccioli, op. cit., pag. 208.

(2) Humboldt, *Tableaux de la nat.*, pag. 78; — Peschel. *Geschichte*, op. cit.; — Guthe-Wagner. I. p. 443. William Jones però fin dal 1784 avea giudicate le cime dell'Imalaia come le più elevate del globo; e nel 1805 il Crawford avea confermato tale giudizio. Cnfr. Rèclus, *Nouv. Geogr.* VIII, pag. 35. Nell'*Esploratore*. Milano, 1884, pag. 96, si accenna a lettere del Graham, alpinista inglese, secondo le quali il Gaurisankar dovrebbe cedere il campo ad alcune vette ad esso prossime verso NE, più di esso elevate. Naturalmente ciò ha bisogno di seria conferma.

(1) *Tabl. de la Nat.*, pag. 45 ed altrove. Il primo profilo dell'Humboldt riguarda la valle del Magdalena e fu pubblicato a Madrid nel 1801; il suo profilo della Spagna, che segnò poi la diffusione di questo metodo nella cartografia, fu pubblicato nel 1823.

(2) Peschel. *Geschichte*, pag. 699; — Lacroix. Introd. alla *Geogr. moderne* del Pinckerton, da noi citata, V. I, pag. CLXVII.

(3) Per es. il profilo che accompagna una pianta della fortezza di Marano (1682) manoscritta alla Biblioteca Marciana in Venezia, ovvero il profilo del Po di Ariano (1719) esistente nella biblioteca Univers. di Padova. V. in propos il citato *Saggio di cartogr. della Regione Veneta*, pag 31 e 40.

I primi profili altimetrici per uso della cultura generale che a noi autore sieno noti, son quelli che Ad. Stieler pubblicava colla data 1827 nell'*Atlante Universale Dem'sher*, Venezia, Alvisopoli, 1829.

Digitized by Google

tagne, con luce di solito occidentale e inclinati a 45°, sistema prevalente nel disegno orografico sino alla metà del secolo scorso, si venne sostituendo il disegno somigliante a piovente o a tettoia con luce verticale. Questo metodo, i cui primi tentativi si devono probabilmente a Giovan Battista Homan (1718), condusse a quell' altro perfezionamento noto sotto il nome di *scala del Lehmann* (1799), che più o meno modificato informò la costruzione delle carte topografiche per tutto il secolo presente, dando origine ad effetti di rappresentazione della oroplastica addirittura meravigliosi, sì per la verità come per l'arte (1).

(1) Il Lehmann (1765-1811), maggiore al servizio del re di Sassonia, fin dal 1799 proponeva di servirsi dell'ombreggio per designare le maggiori o minori inclinazioni delle montagne, secondo un concetto che alcuni asseriscono non nuovo (Roskievicz, in *Mittheil der K. K. geogr. Gesellsch.*, Wien, 1783, pag. 251) ma già proposto fin dal 1873 da un ignoto ufficiale tedesco. La scala delle ombre (Fig. 199) si basa sul principio che i pendii meglio illuminati dal sole sono quelli che più si assomigliano al piano orizzontale. Quindi egli fissò la convinzione che qualora la luce riceVuta da un piano orizzontale si ragguagli a $\frac{9}{9}$, un piano posto nel pendio di 45° si possa considerare come tutto nell'ombra. Ne viene che i piani aventi un'inclinazione intermedia fra 0° e 45° riceveranno una quantità di luce inversamente proporzionale alla loro pendenza, in modo che assumendone per semplicità soltanto 9, di 5° in 5°, per ciascuno di essi la luce starà all'ombra secondo il rapporto seguente:

pendenza	= 0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
luce sta ad ombra	= 9:0	8:1	7:2	6:3	5:4	4:5	3:6	2:7	1:8	0:9

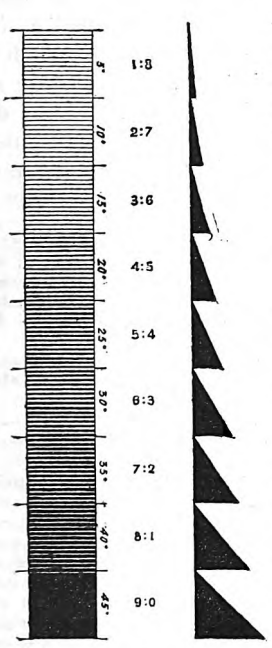


Fig. 199. — Scala del Lehmann.

Rapporto che è meglio riassunto dalla fig. 199 e secondo il quale nelle carte geografiche i pendii più erti vengono rappresentati mediante un ombreggio più vigoroso. Il limite dei 45° fissato dal Lehmann ai pendii rappresentabili sulla carta, poteva valere per la Germania centrale o settentrionale, dove le montagne hanno forme non molto aspre e dimensioni modeste, e difatti esso fu adottato nelle carte tedesche a grande scala (1:100,000): ma non potè esserlo per le carte della regione alpina. La scala bavarese delle ombre ha assunto per limite i 60° e i rapporti fra luce ed ombra per 12mi. corrispondendo ogni 12mo a 5°; la scala austriaca ha assunto per limite gli 80° e la divisione per 80mi in modo che pendii di 5°, di 10° ecc. di 75°. danno rispettivamente luogo a rapporti di ombra come 8:72, come 13:67 ecc. come 78:2. Adesso la scala del Lehmann venne fusa colle *curve di livello*, di cui la nota seguente.

Fu forse disgrazia, che cercandosi sopratutto l'effetto artistico, in molte carte topografiche cogli ombreggi provenienti dal metodo del Lehmann si accoppiasse la luce obliqua, con danno della verità. Le carte topografiche francesi, come quelle del Cassini e del Bacler d' Albe e sciaguratamente dietro di esse le prime carte topografiche italiane, come quelle del Piemonte e la stessa famosa carta della Svizzera costruita dal generale Dufour, presentano lo stesso difetto.

Un ultimo progresso, appunto reso possibile dalla copia delle notizie altimetriche, che il nostro secolo produsse, fu quello della rappresentazione della morfologia terrestre mediante le *curve di livello* o i *piani quotati* (1).

Cfr. in proposito Lehmann J. G., *Darstellung einer neuen Theorie zur Bezeichnung der Schiefen Flächen in Grundriss*, Leipzig. 1799; — Sydow, *Drei Kartenklippen* in *Geog. Jahrb.* I, 1866, pag. 348; — Steinhauser, *Grundzüge* cit. pag. 33; — it. *Beiträge zur Geschichte der Niveaukarten. Mittheil. der k. k. geog. Gesellsch.* Wien, I; — Obermair L., *Ueber Kartenlesen und Kartenheurtheilung*, in *Zeitschr. des d. u. oest. Alpenvereins*, Wien. 1881. pag. 143; — Früh J., *Znr Geschichte Terrainzeichung*, in *Zeitschr. für wissenschaft. Geographie* del Kettler, II, 1881, pag. 156, 214; — Tirone E., *Corso elementare di topografia*, Torino, 1848, Parte 1, pag. 146 e Tav. 19; — Malfatti B., *Il disegno geografico nelle scuole secondarie*. pag. 41 e seg. e l'atlante annesso (*Elementi*, ecc.) pag. 12 e Tav. X., Milano, Sacchi, 1879.

(1) Tale sistema probabilmente proviene da una modificazione dei rilievi plastici. È certo che per quanto si perfezioni la carta geografica, essa non perverrà a dare della orografia del paese un concetto così esatto e completo come quello che si può ottenere da una riproduzione in rilievo del paese stesso. Senonchè, stante le piccole dimensioni che le montagne, sieno pure altissime, presentano rispetto alle dimensioni orizzontali della Terra, perchè in un rilievo riescano sensibili, non solo le maggiori, ma anche le mediocri e le minori protuberanze, è necessario esagerare oltremodo la scala delle altezze a confronto di quella delle lunghezze, con danno della verità. Per di più la carta in rilievo è di maneggio assai poco comodo, nè sempre si presta alla inserzione di quei segni di convenzione, che l'incisore può introdurre sulla carta piana. Si pensò quindi che qualora per un rilievo qualsiasi si facessero passare dei piani orizzontali, le inserzioni dei vari piani colla superficie del terreno verrebbero segnate da curve che congiungerebbero tra loro i punti posti alla medesima altitudine. Imaginando che tali piani fossero equidistanti tra loro e poi projettando verticalmente le menzionate intersezioni sopra un piano fondamentale qualsiasi, si otterrebbero delle curve più o meno parallele o concentriche e rappresentanti ognuna un determinato livello. Ad esse si diede perciò i nomi di *courbes de niveau*, *curve di livello*, *niveau-curven* (ted.), *horizontal* o *schichten-linien*, od *höhenschichten*, *piani quotati*, *curve orizzontali*, *isoipse*, *linee isoipsiche o linee isoipsometriche* e simili. Per comprendere la cosa, ricorriamo ad un esempio. La fig. 200 rappresenti un'isola: i profili *AB*. *CD*. *EF*. e *GH*. le sezioni che risultano dividendo l'isola mediante piani verticali corrispondenti alle linee analogamente segnate colle stesse lettere Il piano del mare è indicato dal numero 0; le curve 1,2,3,4,5,6, rappresentano le intersezioni di altrettanti piani equidistanti tra loro di 50 in 50m, colla superficie del terreno. Risulta evidente che quanto più le curve si avvicinano tra loro, tanto più ivi il suolo è inclinato, quanto più si allontanano, tanto più il pendìo è dolce.

L'introduzione delle curve di livello rese possibile fondare la rappresentazione delle montagne sopra una base

Digitized by Google

Tale sistema (Fig. 200) è, si può dire, quasi esclusivamente una gloria francese. Il Buache, già citato, lo impiegò nel 1737 dapprima a segnare mediante linee isobatometriche, cioè di eguale profondità, la morfologia subacquea della Manica, e si proponeva d'estenderlo poscia anche alla terraferma; il Ducarla-Bonifas, studioso francese, non già ingegnere ginevrino, come da molti si asserisce, ne proponeva l'uso e il Dupain-Triel realmente lo

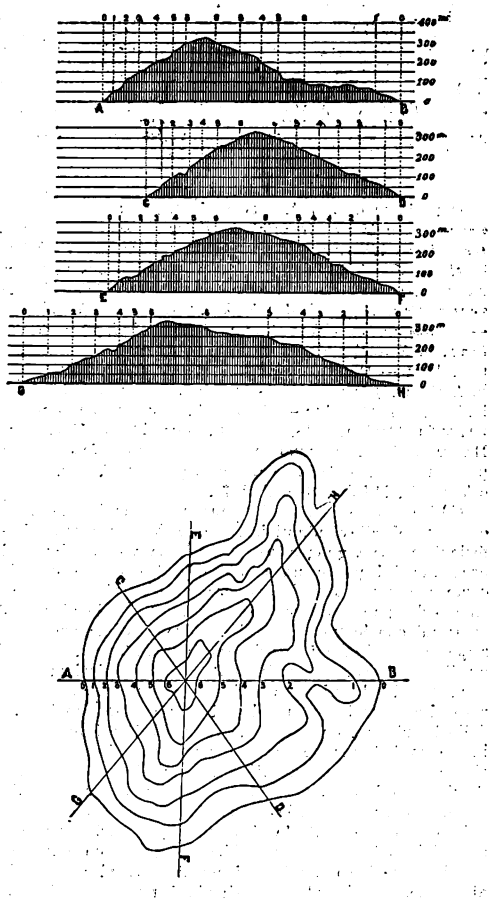


Fig. 200. — Profili e carte a curve di livello.

applicava alla carta della Francia, onde nel 1792 ne ebbe un dono nazionale; finalmente il Laplace nel 1816 otteneva l'introduzione delle curve di livello in una grande carta topografica della Francia, di cui furono pubblicati soltanto pochi fogli, il che non tolse poi che in realtà nel 1826 l'uso di tali curve venisse imposto ufficialmente a tutti i rilievi topografici del suolo francese che fossero costruiti in scala maggiore dell'1 : 10000. L'Annover nel 1829, il Baden nel 1833, l'Assia nel 1840, la Prussia nel 1847, il Belgio nel 1848, la Danimarca e la Scozia nel 1850, indi a poco a poco quasi tutti gli altri Stati d'Europa, e fra gli ultimi, l'Austria e l'Italia, adottarono tale utilissimo sistema, che adesso è diffuso in tutto il mondo civile (1), e dalle carte topografiche ufficiali passò a quelle destinate agli usi comuni, al commercio, agli studî, alla scuola.

2. Se adesso dunque è fatto agevole al geografo di abbracciare in una descrizione sintetica e con tratti larghi e sicuri la morfologia verticale di spazî estesi del globo, ciò si deve anzitutto alla raccolta di un materiale copiosissimo e diverso, compiuto da una vera legione di dotti, e ai rilevantissimi guadagni fatti da poco tempo nel campo dell'arte cartografica.

Un primo frutto si fu il poter ridurre a base matematica l'apprezzamento che prima si faceva ad occhio soltanto dei rilievi terrestri. Le terre sporgono dall'oceano: a quanto si può far ammontare tale loro sporgenza? O in altre parole: qual'è la loro altitudine media? Ecco una prima domanda che si fecero i dotti, e alla quale il Laplace nella *Meccanica celeste*, credeva di rispondere in via di larghissima approssimazione, assegnando ai continenti un'altezza media di 1000^{m} (513 tese) sul mare (2). Però

matematica; senza togliere la possibilità di una riproduzione artistica del terreno; coll'accoppiarla ai sistemi di ombreggio già menzionati. Per di più essa rese possibile l'introduzione delle tinte e dei colori nella rappresentazione della oroplastica, non soltanto, ma poté collegare il disegno delle parti asciutte con quello del fondo marino che ne è la naturale prosecuzione.

V. in proposito le fonti citate nella nota precedente, più KALTBRUNNER, p. 190.

(1) PESCHEL, *Geschichte*, pag. 705. Le prime carte italiane, nelle quali, per quanto è a nostra cognizione, si introdussero le curve di livello, sono quella dei *Dintorni di Napoli*, in tre fogli, alla scala dell'1 : 80,000 e quella della *Sicilia* da 1 : 50,000. La pubblicazione di quella fu cominciata nel 1861, di questa, l'anno appresso, 1862.

Le *equidistanze*, cioè le distanze verticali fra piano orizzontale e piano orizzontale nelle carte topografiche italiane nella scala del 50,000 o del 25,000, sono di 5, di 10 e di 25^{m}; quelle nella scala al 100,000 solo di 50^{m}. Laddove il terreno è inaccessibile o molto aspro talvolta vengono omesse.

(2) LAPLACE. *Mècan. cèleste*, in *Oeuvres*, Paris, Imprimerie royal, Tome 5.e, 1864, pag. 16. Siccome accade sovente di veder citato di seconda e di terza mano il dato del Laplace, ci si permetta di riportare intere alcune sue frasi in proposito. Partendo da concetti teorici riguardanti la figura della Terra, egli reputa che la superficie del globo sarebbe presso a poco quella di uno sferoide d'equilibrio nel caso ch'essa diventasse fluida: « De là, et de ce que la mer laisse à decouvert de vastes continents, on conclut qu'elle doit être peu profonde, et *que sa profondeur moyenne est du même ordre que la hauteur moyenne des continents et des îles au-dessus de son niveau, hauteur qui ne surpasse pas mille mètres.* Cette profondeur est donc une petite fraction de l'excès du rayon de l'equateur

Digitized by Google

il primo tentativo di sciogliere direttamente tale quesito fu quello compiuto dall'Humboldt nel 1843 (1) e poi rinnovato nel 1853. Allora, servendosi di un certo numero di quote altimetriche già note, alle quali avea potuto fare egli stesso numerose aggiunte, era pervenuto ad assegnare le seguenti altitudini medie ai continenti meglio conosciuti:

	Alt. dei continenti tese	metri
Europa	105	205
Asia	180	351
America Sett.	117	228
» Merid.	117	345
Media generale	157.8	308

I valori offerti dall'Humboldt, salvo lievi modificazioni, vennero accettati generalmente dagli scienziati, nei libri scolastici e negli atlanti per esprimere l'altitudine media dei continenti, anzi si tentò di completarli, aggiungendo, come fece il Réclus, qualche dato ricavato in via d'induzione per l'Africa e per l'Australia, e assegnando alla prima un'altitudine uguale a quella dell'Asia, cioè pari a 350^m circa, all'Australia un'altitudine media uguale al maximum ad $^1/_5$, sempre di quella dell'Asia (2) e quindi appena ragguagliabile a 120 o 130^m (3).

Tuttavia molti dubitavano. Le esplorazioni asiatiche aveano svelato l'esistenza di enormi altipiani nell'interno di quel continente. Acrocori come quelli del Tibet, dove per spazî estesi milioni di chilometri quadrati non si trova un punto solo inferiore a 4000^m d'altezza; masse montagnose come quelle dell'Imalaia, del Tian-can, dell'Altai, dell'Indocuc, dovevano necessariamente spostare la media altezza supposta per l'Asia ed elevarne il valore. Lo stesso dicasi per altre parti del globo. Per l'Africa si possedeva anche il dato dell'Herschel, che ne fissava l'altezza a 550^m, confermata da molteplici esplorazioni le quali aveano tolto al Sahara il presunto carattere di bassopiano, alzandone il livello di molto sulle vecchie stime, e svelate le regioni dei grandi laghi e dei grandi acrocori meridionali; nell'America Settentrionale, il misterioso *Far West*, il remoto occidente, era pur venuto rilevando il suo carattere d'altipiano, non isolato, ma anello di una serie di poderosi acrocori susseguentisi dall'Aliasca a Panamà.

Una nuova ricerca, limitata veramente all'Europa, venne quindi, un dieci anni or sono, compiuta dal Leipoldt (1); ma da essa altri trassero (2) argomento per dedurre daccapo l'altitudine media dei varî continenti. Il Leipoldt, dopo una discussione diligente e minuziosa sulle varie parti del continente europeo, concludeva coll'attribuirgli un'altezza media di 297^m (913.8 p. pari a 296^{m}84), cioè di 92^m superiore a quella assegnatagli dall'Humboldt. A dir vero, nel 1874 la conoscenza della ipsometria d'Europa non era compiuta, anzi si potrebbe aggiungere ch'essa non lo è nemmeno oggidì (3); tuttavia il dato del Leipoldt proviene da basi senza confronto più attendibili di quelle dell'Humboldt, per cui esso si può giustamente adottare come espressione dell'altitudine media d'Europa.

Quanto invece può presentare il fianco ad una seria critica, è l'aver voluto indurne l'altitudine media degli altri continenti, supponendo nei singoli valori offerti dall'Humboldt per l'Asia e per le Americhe, e in quelli dedotti per anologia dell'Africa e dell'Australia, un errore proporzionale a quello che risulta per l'Europa (1.145: 1. 0), dopo il lavoro del Leipoldt.

Onde ne venne l'apprezzamento arbitrario delle altitudini medie delle varie parti del globo, giusta la seguente tabella (4).

sur celui du pôle, exoès qui surpasse vingt mille metre. Mais de même que de hautes montagnes recouvrent quelques parties des continents, de même il peut y avoir de grandes cavités dans les bassin des mers. Cependant, il est naturel de penser que leur profondeur est plus petite que l'elévation des hautes montagnes; le dépôts des fleuves et les dépouilles des animaux marins, entraînés par les courants, devant remplir, à la longue, ces cavités ».

(1) *Kleinere Schriften*. 1853, I. pag. 393. *Ueber die mittlere Höhe der continenten;* — Id. *Asie centrale*, I. p. 82-90 e 162-189; — *Cosmos*, I, pag. 279; — V. Peschel, *Phys. Erd.* Vol. I., pag. 421.

(2) Reclus, *La Terre*, I vol., pag. 91.

(3) Altri argomentò per l'Australia un'altitudine eguale a quella dell'Europa, cioè di circa 200m. V. Hann, Hochstetter, ecc., pag. 203.

(1) *Uber die mittlere Höhe Europa's*, Plauen, Neupert, 1874.

(2) Hann, Hochst., ecc., pag. 203. Va osservato che il Bevan, nella sua *Geografia Moderna*, trad. dal Carraro, 1.ª ediz., Firenze, Barbera, 1871, modifica essenzialmente i dati dell'Humboldt, cioè dà ai continenti la seguente altezza media:

	metri
Europa	408
Asia	680
America Merid.	700
» Sett.	445

Da quali fonti li ricavi, ignoro.

(3) Difatti ancora non fu e per un pezzo non sarà possibile attuare la classificazione dei diversi paesi d'Europa secondo zone d'altitudine, pure decisa ancor fin dal 1869 nel Congresso internazionale di statistica. E ciò per mancanza di analogo materiale. Cnf. in proposito Semenoff *preface* all'opera dello Strelbitsky, *La superf. d'Europe*, già citata, pag. VII.

(4) Hann, Hochst. ecc., pag. 203; — Andree, *Geogr. Jahrb. zu Andree's Handatlas*, Bielefeld und Leipzig, 1883. pag. 10; — Hugues. *Geogr. fis.*, pag. 52.

Digitized by Google

		Alt. media
Europa		300m
Asia		500
America (media 410m)	Sett.	330
	Mer.	500
Africa		500 (1)
Australia		250
Media dei continenti		410

Di recente una nuova ricerca, condotta, ci sembra, con maggiore saviezza di critica che non la deduzione ora accennata, fu istituita su questo interessante soggetto dal Lapparent. Questi divise dapprima le superficie dei continenti nelle seguenti zone d'altezza: 1ª, da 0 a 200m; IIª, da 200 a 500m; IIIª, da 500 a 1000m; IVª, da 1000 a 2000m; Vª, da 2000m in su, aggiungendo una VIª zona superiore ai 5000m, ma limitata all'Asia. Indi, servendosi di carte altimetriche a piani quotati, dedusse la superficie speciale di ciascuna zona d'altezza per ciascuna parte del globo. In seguito, procedette a determinare la media altitudine di ciascuna zona. Questa media non poteva corrispondere alla media aritmetica delle curve che limitano ciascuna zona, dacchè l'esperienza insegna che i terreni in pendio dolce non seguono generalmente una retta inclinata ma bensì una curva concava verso l'alto, per cui la pendenza aumenta di solito nelle parti più elevate. Perciò egli credette opportuno di fissare, come altitudine media delle varie zone, i seguenti valori: per la IIª zona (200-500m) 300m; — per la IIIª (500-1000m) 700m; — per la IVª (1000-2000m) 1300m. Alla Iª zona (0-200m) in genere inclinata pochissimo, ma nella quale il criterio ora accennato resta modificato dalle coste marittime sovente scendenti a piombo, il Lapparent assegnò una media altitudine di 100m; per la Vª zona (da 2000m in su) gli apprezzamenti variarono tra 2000, 2500 e 3000m, secondo i casi particolari.

Così assegnata a ciascuna zona la sua altitudine media, essa verrà ad influire sull'altitudine media della regione alla quale spetta, in ragione della propria estensione superficiale moltiplicata per il valore della sua altitudine. Un esempio chiarirà meglio la cosa. Ritenuta eguale a 100 la superficie complessiva dell'Europa, le varie zone d'altezza che le spettano, vengono secondo i calcoli del Lapparent, ad avere le seguenti superficie:

(1) Lo Chavanne però attribuisce all'Africa un'altit. media di 662m. HUGUES, *Elem. di Geogr.*, 3.° corso, 2.ª Ediz. Torino, Loescher. 1884, pag. 462.

		Superficie
Zona	Iª da 0-200m	60.0
»	IIª » 200-500	24.0
»	IIIª » 500-1000	10.0
»	IVª » 1000-2000	5.0
»	Vª » oltre i 2000	1.0
		100.0

Ma l'altezza della 1ª zona è ritenuta uguale in media a 100m; ciò corrisponde al fatto medesimo come se sopra tutta la superficie d'Europa si stendesse un piano elevato 60m (100m × 0.60 ovvero $^{60}/_{100}$); — l'altezza della IIª zona è ritenuta eguale a 300m; quindi un effetto di altitudine pari a 300 moltiplicato per 0.24 ($^{24}/_{100}$) cioè a 72m; che naturalmente vanno aggiunti ai primi nella valutazione complessiva. L'*effetto* delle altre zone, risulta per analogia.

Nel dubbio di avere esagerato nell'apprezzamento delle medie altitudini, il Lapparent rinnovò ancora i calcoli, attribuendo a ciascuna zona non il valore della media, ma quello del suo limite inferiore di altezza. Ecco dunque, limitando l'esempio alla sola Europa, quale a lui risultò l'effetto di ciascuna delle zone indicate, prendendo per fattore sia la media sia la minima altitudine di ciascuna zona.

Zone	Effetto di ciascuna zona assumendo a fattore l'altitudine media metri	minima metri
Iª	60.0	60.0
IIª	72.0	48.0
IIIª	70.0	50.0
IVª	65.0	50.0
Vª	25.0	20.0
Totale	292.0	228.0

L'ultima colonna rappresenta un riguardo esuberante e può servire a designare all'ingrosso il minimo valore congetturale, al disotto del quale in nessun caso non si potrebbe scendere. Ma il valore più verosimile è quello che risulta dalla seconda colonna, giusta la quale l'altitudine media dell'Europa corrisponde a 292m. Ora siffatto valore non differisce che di 5m (4m. 84) soltanto da quello di 297m ottenuto dal Leipoldt per una via del tutto diversa, importante indizio della bontà di entrambi. Operando analogamente per gli altri continenti, ecco le altitudini medie che ne ottenne il Lapparent:

Altitudini medie dei continenti:

	valore medio metri	valore minimo metri
Europa	292.0	228.0
Asia	879.0	662.0
America Settentr.	595.0	454.0
» Merid.	537.5	397.5
Africa	602.0	453.0
Australia	362.5	277.0

Digitized by Google

In complesso dunque valori ben diversi da quelli accennati poco addietro, anzi in qualche caso addirittura contraddicenti con quelli, come avviene se si considerano le due Americhe, delle quali, accettando il còmputo dell' Hochstetter, risulterebbe notevolmente più depressa la Settentrionale (330^m) a confronto della Meridionale (500^m), mentre secondo il Lapparent risulta il contrario.

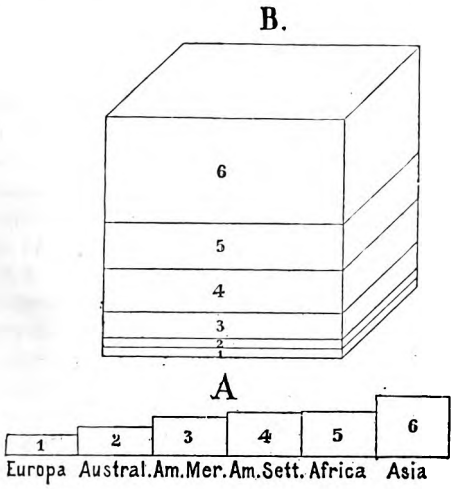


Fig. 201. — Altitudine media (A.) ed Effetto (B.) delle varie parti del globo sul Continente.

I. Europa, 2. Australia, 3. America Merid., 4. America Sett., 5. Africa, 6. Asia.

Sarebbe poi erroneo trarre la media altitudine complessiva delle terre dalla media aritmetica delle varie altitudini ottenute. Ogni parte del globo deve entrare nella media finale in ragione della propria altitudine media e della propria estensione (Fig. 201). Così l'Europa, che occupa i $^7/_{100}$ della parte asciutta del globo ed è elevata 292^m, esercita un *effetto* in altitudine pari appena a 21^m (292^m $\times$ 0.07 = 20.7), l'Asia che ne occupa i $^{32}/_{100}$, ed è elevata 879^m, ne esercita uno pari a 281^m (879^m $\times$ 0.32) e così di seguito. Quindi si viene alla conclusione riassunta nella tabellina seguente:

Parti del globo.	Superf. relative.	Effetto di ciascuna parte: valore medio	minimo
Europa	7.0	20.7	16.0
Asia	32.0	281.0	212.0
Africa	21.5	130.0	98.0
America Sett.	20.0	120.0	89.0
» Mer.	13.5	72.5	54.0
Australia	60	22.0	17.0
Totali e medie.	100.0	646.2	486.0

Dunque, secondo le ricerche del Lapparent, l'altitudine media complessiva dei continenti non si può in nessun caso ritenere inferiore ai 500^m; anzi va giudicata robabilmente superiore, o almeno eguale ai **600^m** sul livello del mare. Valori questi, che si allontanano moltissimo da quelli fissati dall'Humboldt e, dicasi pure, da quelli oggi generalmente accettati. Noi però pensiamo tuttavia, che nello stadio attuale delle nostre conoscenze altimetriche del globo, essi meritino la preferenza sugli altri.

La prima conseguenza dell' aver ottenuto una cifra rappresentante la media altitudine dei continenti è la possibilità di calcolarne i volumi, assumendo a base delle terre una superficie di livello che sia la prosecuzione di quella del mare. Accettando quindi per l'altitudine media dei continenti il valore di 600^m o chilom. 0.6, basta moltiplicare per esso i 136 milioni di chilometri quadrati, ai quali ammonta la superficie della parte asciutta e ne avremo una cubatura complessiva di 81, 600,000 chilom. cubici. I più recenti e accreditati valori oggi attribuiti alla profondità media dell'oceano oscillano fra 3440^m (Krümmel) e 5000^m (Peschel) (1). Assumendo anche in questo caso il valore approssimativo di 4000^m, accettato dal Lapparent, noi non andremo lungi dal vero; e ciò porterebbe che i continenti si elevano in media per circa una settima parte soltanto di quanto si sprofondano, sempre nella media, i mari. Posto ciò, e dato agli oceani la superficie complessiva di 374 milioni di chilometri quadrati, il volume totale delle acque verrebbe a riuscire pari a 1 miliardo e $^1/_2$ di chilometri cubi, cioè almeno 18 volte maggiore di quello delle terre. Distendendo queste ultime uniformemente nell'oceano, esse riuscirebbero ad elevarne il livello del fondo di soli 200^m. Ma siccome ciò farebbe alzare notevolmente il livello dello specchio marino e conseguentemente traboccare i mari sulla superficie intera del globo, l' inalzamento del fondo si ridurrebbe a 150^m; mentre circa di altrettanto resterebbero sommerse le porzioni del globo attualmente asciutte.

Il Krümmel volle andare più avanti e noi lo seguiremo sostituendo però ai suoi i valori

(1) Guthe-Wagner 3500m.; Elia de Beaumont 4800m. Cnfr. altresì Bogulawski, *Handbuch der Ozeanographie. Band. I*, Stuttgart, Engelhorn, 1884, pag. 126; — Gelcich, *Grundzüge der physischen Geogr. des Meeres*, Wien, 1881, Hölder. pag. 11. Dati vecchi e meno attendibili sono quelli dell' Humboldt (390m.) e del Laplace (1000m.), quest'ultimo, già da noi menzionato.

Digitized by Google

da noi adottati, e che forse anch' egli oggi, preferirebbe. Sempre accettando per la terraferma una superficie di 136 milioni di chilometri quadrati, e una sezione verticale dell' altezza di 4.6 chilometri, cioè pari alla sua altitudine media (0. 6 chilometri) sommata colla profondità media degli oceani (4. 0 chilom.), si viene ad ottenere un volume di circa 626 milioni di chilom. cubi, contro un miliardo e mezzo di chilom. cubi spettanti all'acqua. Ora, se teniamo conto che la densità media della crosta solida terrestre, trattandosi specialmente di strati profondi, e ne sarebbe il caso, può oscillare tra 2. 4 e 2.8, e per adeguato può fissarsi a 2. 6, e che quella dell'acqua marina può essere ritenuta eguale a 1. 03 in media, un facile computo aritmetico ci conduce a trovare il peso totale di siffatte masse terrestri in 1 trilione 627 bilioni di tonnellate, e quello delle masse acquee in 1 trilione 540 bilioni di tonnellate, valori che non differiscono l'uno dall'altro tanto che non si possa asserire le terre e le acque essere sufficientemente equilibrate nella zona superficiale del globo.

3. Già nell'esame ora compiuto per venire a conoscere la media altitudine del globo, noi potemmo vedere com'essa risulti da elementi differentissimi. Dalla zona litorale, dove il livello della terraferma e del mare si confondono, anzi da località, che discendono o poco o molto sotto il pelo oceanico, alle masse montuose elevate 5000 o 6000^{m}, anzi alle cime più eccelse che si spingono ad 8800 e più metri, v'è una scala infinita di altezze intermedie, variabili dunque da 0 a 9 chilometri, le quali senza ordine apparente sistematico comprendono tutti i punti terrestri.

Però avviene talvolta che spazî notevoli per estensione, presentino una elevazione uniforme in molti sensi, o almeno poco inclinata; mentre il più sovente accade che regni la più completa disuniformità di andamento altimetrico. È questa alternativa, che ha creato la divisione necessaria, ed accettata tanto dal volgo quanto dal dotto, di paesi di *pianura* e di *montagna*, e della *regione collinesca* tra essi intermedia, almeno nel carattere, e l'altra divisione talvolta, ma non sempre nè necessariamente, confusa colla prima, quella cioè di *bassopiano* e di *altopiano*.

Entrambi le divisioni si basano però sopra un concetto di relatività molto convenzionale, anzi talvolta addirittura locale o personale. Per l'abitante delle spiagge marittime, è « montagna » una duna, e « paese alpestre », una regione collinesca, che per l'alpigiano apparisce quasi una uniforme campagna. L'occhio assuefatto alle linee uniformi del mare, giudica asprezze e frastagli le dolci curve di un paese ondulato, che per l'occhio assuefatto alle forti interruzioni delle roccie, ai rigidi profili montuosi, diventano flessuosità trascurabili.

Questa stessa personalità di giudizio, si tradisce nell' uso della parola bassopiano ed altopiano. Il concetto di paese *basso* e di paese *elevato* per gli antichi di solito risultava dal corso delle acque, onde le denominazioni di alto e basso Egitto e consimili; ma talvolta essi rappresentano un apprezzamento diverso da quello, come nel caso del paese di Canaan (Cnaan) o la *bassura* (1), che così gli Ebrei chiamavano la Fenicia in contrapposto colla Palestina. Adesso nell'uso volgare si prosegue a dare un valore di relazione a tali vocaboli; onde si distingue l'*alta* e la *bassa* Germania, l'Austria *inferiore* e *superiore* e consimili (2); e non già un valore assoluto di altitudine. Nella scienza, e specialmente in seguito alla moltiplicazione dei dati di altezza, veramente si tentò di segnare una linea di separazione netta tra *bassopiano* ed *altopiano*. Lo stesso Humboldt credette di fissarla a 400^{m} sul livello marino, quantunque riconoscesse molto vaghi i criterî sui quali si poteva basare siffatta divisione, ed egli stesso talvolta se ne discostasse collocando, ad esempio, e con retto giudizio, tra gli altopiani il *plateau de l' Auvergne*, alto secondo lui stesso, 331^{m} soltanto (3). Il Sydow invece (4) ed il Sonklar (5), precisando alquanto meglio il limite, ne sentono e ne mostrano tuttavia la relatività. In genere, per il primo la linea di separazione tra altopiano e bassopiano cascherebbe intorno ai 160^{m} (500$^{p.par.}$) e pel secondo intorno ai 190 o 220^{m} (600-700$^{p.par.}$), cioè per quest'ultimo intorno a quell'altitudine, che per la nota legge della diminuzione della temperatura per l'altezza,

(1) KIEPERT, *Lehrbuch der Alten Geographie*, Berlin, Reimer, 1878, pag. 167.

(2) In molti casi e nell'antichità e nei tempi presenti il vocabolo *alto* e *basso* si adoperò geograficamente non già per indicare maggiore o minore elevazione, ma per designare una posizione diversa in latitudine o in longitudine. Così abbiamo i vocaboli greci di *bassa Asia* (ἡ κάτω Ἀσία) e di *alta Asia* (ἡ ἄνω Ἀσία) che corrispondendo alla nostra Asia Minore e Grande Asia (della quale ultima essi non conoscevano gli elevati altopiani) non rappresentano giustamente il rapporto orografico loro spettante (KIEPERT, ib., pag. 47). Così in Italia i vocaboli di *bassa Italia* o *Italia inferiore* designano le provincie meridionali.

(3) *Tableaux de la nat.*, pag. 67.

(4) *Begleitworte*, pag. 24; — *Grun briss*, ecc., pag. 92.

(5) *Allgem. Orogr.*, pag. 31.

Digitized by Google

produce l'abbassamento termometrico di 1° di Reaumur. Però per entrambi un bassopiano che ascendesse lentamente, senza interruzioni nè gradinate nè salti, non perderebbe il suo carattere, neanche qualora si elevasse ben al di sopra del limite accennato. I terreni, dove si trovano Torino, posta all' altitudine di circa 240m sul mare o Ratibor posta a quella di 280m. (1), continuerebbero così a designarsi giustamente colle qualifiche di *bassopiano* del Po, quello, di *bassopiano* slesiano, questo. Per entrambi gli autori poi, qualsiasi la pendenza, quando una regione arriva all'altitudine di 380m (1200p.par.), allora non v' è questione: quella regione è un altopiano.

Il Wagner di recente (2) rileva la indeterminatezza necessaria di un tale limite, osservando però che esso forse potrebbe fissarsi per convenzione, scegliendo a tipo di confronto il più elevato tra gli edifici umani dei quali nessuno presenta un'altezza relativa superiore ai 150m (3), per cui nessun piano che non s'alzi in media almeno di tanto sul livello medio marino, non potrebbe chiamarsi altopiano. Tuttavia egli stesso riconosce esservi delle pianure, come quelle delle Amazzoni, che s'alzano con tanta lentezza, che proprio non si può chiamarle col nome d' altopiano, nemmeno allorchè, come succede di quella, si spingono fino a 400m sul livello marino. D'altra parte vi sono dei casi in cui un rapido contrasto è quello che decide e al geografo non ispetta se non sancire l'uso volgare, a determinare il quale le antitesi esercitano un' influenza decisa. Di tal genere sarebbe quanto si verifica per un grande tratto lungo il corso inferiore del Volga da Simbirsc a Sarepta, la sponda destra del quale poderoso fiume s' alza di 100 ed anche di 150m sopra la sponda sinistra, che da ultimo si deprime anche al dissotto del livello marino. Analoghi contrapposti vengono sovente a mostrarsi lungo le coste marine, dove, accanto alla spiaggia depressa, contigua alle onde e che forma un'ininterrotta prosecuzione del suolo oceanico, s'alzano, a scarpa rigida ed improvvisa, dei fortissimi rilievi, elevati talvolta un centinaio di metri su quella. Un genere, ancora diverso da quelli di consueto presentati dalle sponde dei fiumi, ovvero dalle spiaggie marine e pei quali si riservano più spesso il vocabolo di *terrazzi*, sarebbe il caso presentato per esempio dal Carso di Monfalcone. Alla uniforme e fertile pianura friulana solcata dall' Isonzo, elevata da 3 o 4 a 10 o 15m, fa ivi seguito immediato un rialzo, in media forse 100m soltanto e al maximum 300m superiore a quel piano, ma tanto improvviso e così diverso per natura selvaggia e rocciosa ed aspra e deserta, che pare un mondo completamente diverso da quel primo. Sicchè qui proprio è mestieri far incominciare l' altopiano sassoso del Carso, anche se i suoi primi bastioni s'alzano sul mare ben meno di quanto non s'elevi la cupola di Michelangelo sul pavimento di S. Pietro in Roma o la cuspide della piramide di Ceope sulle sabbie del basso Egitto.

Ond'è che, pur riconoscendo che sia opportuno di fissare, almeno convenzionalmente, un limite al valore dei due termini geografici di bassopiano e di altopiano, dobbiamo credere ch'esso possa accettarsi soltanto come regola molto generale ed approssimativa e non valevole in tutti i casi; dacchè oltre all'elemento dell'altitudine, dovrebbero concorrere a determinare quel limite la maggiore o minore inclinazione del suolo, la eventuale esistenza di un salto o di una gradinata, quella, pure eventuale, di altri accidenti morfologici di confronto, la natura del terreno, i contrasti climatici e da ultimo perfino la vegetazione medesima.

Qualsiasi poi il limite che si voglia accettare tra quelli proposti per segnare una divisione tra alto e bassopiano, è certo che l'altopiano o poco o molto predomina sul globo. Ecco, per esempio, qual' è la superficie occupata dalle terre basse e dalle alte, secondo varie autorevoli fonti:

(1) Cioè 864p.par. sec. il SONKLAR, loco cit. Il WAGNER attribuisce a Ratibor soltanto 188m. sul mare.

(2) Op. cit., pag. 55.

(3) Ecco l'altezza relativa dei più elevati monumenti umani (*Ann. du Bureaux*, 1884, pag. 380 con qualche aggiunta):

	metri
Cattedrale di Rouen, cuspide	150
La più alta fra le piramidi d'Egitto	142
Munster o torre di Strasburgo	142
Torre di S. Stefano a Vienna	138
Cupola di S. Pietro a Roma	132
Chiesa d'Anversa, cuspide	120
Torrazzo di Cremona	110
Duomo di Milano	109
Campanile di S. Marco a Venezia	98
Torre degli Asinelli a Bologna	83
Campidoglio a Washington	79
Santa Sofia a Costantinopoli	58
Colosseo in Roma	48
Panteon » »	44
Statua di S. Carlo Borromeo in Arona	32 1/2
Bavaria a Monaco	19
Altezza totale della corazzata l'*Italia*	17.7

Digitized by Google

ESTENS. DEGLI ALTOP. E DEI BASSOP.

	Sydow bassopiani chil. quadr.	Sydow altopiani chil. quadr.	Hugues bassopiani chil. quadr.	Hugues altopiani chil. quadr.	Sonklar bassopiani chil. quadr.
Europa	5,831,000	2,477,000	6,495,000	3,082,808	6,444,000
Asia	17,065,000	28,626,000	15,808,000	26,929,000	18,302,000
America Sett.	8,863,000	9,964,000	7,014,000	13,238,000	9,914,000
» Mer.	13,542,000	4,129,000	10,912,000	7,797,000	14,028,000
Africa	6,468,000	19,653,000	?	?	9,360,000
Australia	?	?	?	?	6,607,000
Totale					64,655,000

Ritenuto che tutti accettino per la estensione della superficie asciutta un valore di 136 milioni di chilom. quadrati, pel Sonklar le terre basse quanto ad estensione, rappresenterebbero il 48 per cento delle terre emerse e per gli altri due autori, almeno per le parti del globo da loro prese ad esame, le terre basse si estenderebbero per un tratto ancor minore, cioè occuperebbero secondo il Sydow e secondo l'Hugues non più del 44 per cento delle parti asciutte del globo.

Noi vedemmo quanto egregiamente sia stato condotto su tale argomento lo studio del Lapparent. Accettando per un momento la sua divisione delle terre in zone d'altezza e ritenendo che i bassopiani si possano considerare suppergiù compresi nella I zona, cioè fra 0 e 200^{m} d'altitudine, ecco la estensione procentuale delle terre basse, secondo lui e secondo i dati che risultano dall'esame della tabella precedente:

	Estensione procentuale dei bassopiani e degli altopiani secondo: Sydow bass.	alt.	Hugues (1) bass.	alt.	Sonklar bass.	alt.	Lapparent bass.	alt.
Europa	70	30	68	32	68 ?	32 ?	60	40
Asia	38	62	37	63	42 ?	58 ?	27	73
Amer. Sett.	47	53	34	66	50 ?	50 ?	33	67
» Mer.	76	24	58	42	70 ?	30 ?	45	55
Africa	25	75	?	?	30 ?	70 ?	18	82
Austr.	?	?	?	?	75 ?	25 ?	40	60
Totale	44 ?	56 ?	44 ?	56 ?	48 ?	52 ?	32	68

L'aver accolto nella tabella precedente dei dati incerti e poco comparabili tra loro è scusato dalla scarsezza di studî sintetici su tale soggetto, scarsezza che trova a sua volta spiegazione nella povertà e nel valore ancora problematico del materiale altimetrico di cui si dispone per molta parte del globo. Tuttavia osservando, come, se dal precedente confronto risultano delle discordanze speciali, nell'andamento generale queste scompaiano, da esso si può arguire con sicurezza che le parti del globo dove il bassopiano predomina sono l'America Meridionale, l'Europa e l'Australia, mentre quelle dove predomina l'altopiano sono l'America Settentrionale, l'Africa e l'Asia. Ond'è che si verifica quella corrispondenza da noi avvertita parlando delle armonie fra le tre grandi coppie continentali (1), vale a dire che le parti depresse e le più elevate s'incontrano secondo una doppia XX, ovvero secondo due linee ad angoli incrociati a vicenda.

Generalmente i bassopiani fanno seguito immediato al mare, dal quale s'inalzano lentissimamente. Esempi di siffatto genere si riscontrano presso tutti i bacini inferiori dei più poderosi fiumi del globo. Le pianure cinesi, indiane e mesopotamiche, traversate dal Jancechiang e dall'Hoango, dal Gange e dall'Indo, dal Tigri e dall'Eufrate; la pianura egizia, il « dono del Nilo »; i bassopiani padano, danubiano e renano; le savanne del Mississippì, i llanos dell'Orenoco, le silvas del rio delle Amazzoni, i pampas del rio della Plata; la pianura solcata dal Murray in Australia, mostrano quanto collegamento vi sia fra le grandi estensioni di terre basse e i massimi sistemi idrografici del globo. In linea generale, la presenza di questi tradisce la presenza di quelle.

Però, oltre a questa circostanza, per la quale le pianure seguono all'ingiro le sinuosità dei continenti appalesandosi quasi la prosecuzione apparente dei golfi marittimi, dei quali prolungano entro terra gli effetti morfologici; non manca un certo ordinamento nella loro distribuzione generale. Anzitutto, si rivela nei due massimi continenti quello stesso contrasto che risulta dall'esame delle loro dimensioni generali: nel mondo Antico i bassopiani

(1) L'HUGUES, che di consueto s'attiene alle notizie del GUTHE-WAGNER, questa volta se ne allontana alquanto. Ecco quale sec. il GUTHE-WAGNER (vol. 1, pag. 424) sarebbe la estensione procentuale dei bassopiani.

Nell'Europa	68	per cento
» Asia	37	» »
» Amer. Sett.	45	» »
» » Mer.	50	» »

(1) Cfr. a pag. 250 dell'opera.

Digitized by Google

si stendono prevalentemente da libeccio a greco; nel mondo Nuovo da maestro a sirocco.

Cominciando dal piede settentrionale dei Pirenei e andando alla estremità della penisola dei Ciutci, ultimo termine grecale dell'Asia, le pianure si rincorrono l'una l'altra secondo linee spesso variamente curve, ma con andamento generale costante e con rare soluzioni di continuità, isole od istmi montuosi, vere accidentalità frammezzo l'enorme distesa. Nell'assieme, tale vasta catena di pianure non si stende per meno di 11 o 12 mila chilometri sopra una larghezza varia, ma sovente e a lungo, non inferiore a 3 mila o a 3500 chilometri. Un'altra catena consimile, e parallela a quella prima, ma ben più di essa interrotta, sarebbe quella della parte depressa del Sahara e dei bassopiani niliaco e siro-arabico; e una terza finalmente quella dei bassopiani indiani e cinesi.

Nel continente americano, in quella vece, le pianure si distendono secondo una normale all'asse principale della zona di bassopiani ora accennata. Dai limiti ghiacciati del Passaggio Nord-Ovest ai terrazzamenti di arenarie della Patagonia, sotto uno od altro aspetto esteriore, ma sempre pochissimo elevati sull'oceano, i piani uniformi si distendono qui pure per 12 o 13 mila chilometri, sopra larghezze variabili enormemente, ma in qualche caso non inferiori ai 4000 chilometri. Le interruzioni qui però non son lievi, nè poche, nè sempre costituite da catene montane, o anche da semplici rilievi pari ai *barren grounds* dello spartiacque che separa il bacino del Mississippì da quello dei fiumi artici, ma in un caso addirittura dall'Oceano, che v'inframmette il doppio mediterraneo del golfo del Messico e del mare Caraibico. Di più, mentre la zona di bassopiani del continente orientale presenta la sua larghezza massima verso la metà della sua distesa longitudinale, cioè laddove alle pianure russe fa seguito la depressione caspiana, e le pianure vanno restringendosi insensibilmente alle estremità, dove sfumano in zone esilissime; la catena delle pianure americane presenta la massima larghezza nella parte più settentrionale, e la minima verso il suo mezzo, anche prescindendo dal fatto che sparisce sotto l'oceano.

Nelle linee generali, si può dunque dire che la direzione complessiva delle pianure segua le grandi linee di espansione delle due maggiori masse continentali.

Anzi, se fosse permesso un tentativo di completamento di quanto si vede con quanto non si vede, osservando come la massima espansione delle pianure del continente antico nel senso della larghezza si avverta tra la Finlandia e il Turchestan, e, allineate all'asse della medesima, corrano le pianure dell'Indo, del Gange, dell'Irawaddi, della Malacca, di Sumatra e dell'Australia, si sarebbe indotti a supporre la esistenza di un'altra zona di pianure coordinate, normale alla zona maggiore e parallela a quella di rotture marittime, che dal mare del Nord, per l'Adriatico, pel mar del Levante e pel mar Rosso si stende all'occano Indiano.

Curioso e singolare è poi il fatto che le massime depressioni delle due maggiori zone di bassopiani si notino appunto verso il loro mezzo, sprofondandosi l'americana a 3800^{m} nell'abisso marittimo Sigbee del golfo del Messico (1); deprimendosi l'eurasiatica nel bassopiano caspiano e da ultimo nelle profondità del mar Caspio (2).

Il massimo bassopiano del continente antico può considerarsi diviso in due grandi sezioni dalla catena degli Urali e dalla *soglia* (*landschwelle*, *seuil*), alta appena 300^{m} sul mare, che separa la steppa dei Chirghisi dai bacini del Tobol e dell'Iscim, affluenti dell'Obi. A levante di quella zona montuosa o collinesca, rivolto a settentrione, nel qual senso corrono tutti i fiumi che lo traversano, si stende il bassopiano asiatico, al quale alcuni anni fa si faceva corrispondere tutta intera la Siberia e quindi si attribuiva una superficie non minore di 12 milioni di chilom. quadrati. Realmente la Siberia orientale si presenta come una pianura troppo sovente interrotta da piccoli acrocori e da catene di montagne diverse, perchè le convenga pienamente il termine di bassopiano, giustamente riservato alla Siberia occidentale (3). A sirocco e a mezzodì il suo limite è segnato da Semipalatinsc sull'Irtič (180^{m}), da Barnaul (140^{m}), da Tomsc

(1) V. G. Cora, *Curve batometriche nel golfo del Messico secondo i più recenti scandagli americani*, sc. 1:9,600,000, in *Cosmos*, di G. Cora, vol. VI, 1880-81, Tav. X.

(2) Cioè a non meno di 517 sagene (946m.) dal pelo del lago, secondo gli ultimi lavori russi, e quindi a 972m. sotto il livello del mar Nero. I punti di maggiore profondità sono nella parte centrale, un po' a sud del parallelo di Derbent (421 s. = 770m.), e nella meridionale, un po' a nord del parallelo di Lencoran (517 s.). Cnfr. *Aperçus des travaux hydrographiques faits dans les mers et les lacs de la Russie de* 1875 *à* 1881, Pietroburgo, Trenkè et Fusnot, 1881, pag. 8, publ. dalla Soc. imper. russa di Geogr.

(3) Il Sonklar dà a quello ch'esso chiama *bassopiano siberiano* la estensione di 12, 400,000 chil. quadr.; — l'Hugues dà a quello ch'esso chiama *bassopiano della Siberia occidentale*, e ch'è veramente la porzione che merita il nome di bassopiano, la estensione di 6,618,000 chil. quadrati.

Digitized by Google

(80^m) e da Crasnoiarsc (160^m) sul Ienissei (1) e quindi specialmente dalle prime propaggini dell' altopiano che costituisce il nucleo dell'Asia centrale; ma a libeccio, esso, dopo superate le ondulazioni di Acmollinsc (306^m), costituite da calcari carboniferi, cala di nuovo

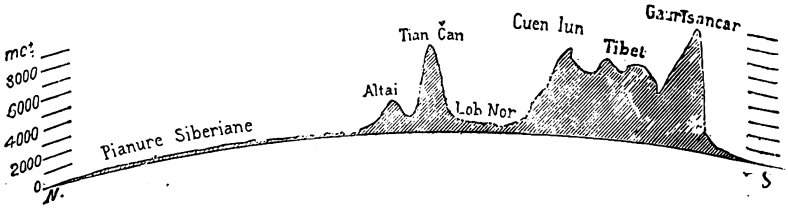


Fig. 202. — Profilo dell' Asia.

nella steppa chirghisa, prima parte di un nuovo, vastissimo bassopiano (Fig. 202).

Considerata rigidamente la cosa, qui ormai le pianure s'inseguono ininterrotte dalle ultime propaggini occidentali del Tiančan nel Turchestan, all' Atlantico, e dalle falde settentrionali del Caucaso all' Oceano glaciale, per una estensione quindi non certamente inferiore a 9 milioni di chilom. quadrati (2).

Senonchè l' aspetto della vasta pianura non è uniforme, anzi più sovente per gradi, ma talvolta di un tratto, varia dagli orrori della steppa Turcomanna o del *Deserto rosso* (il *Chisil-cum* delle carte) a nord della Bucaria, alle paradisiache oasi di Chiva, o alle verdeggianti steppe chirghise, alle pianure del Don ricche di cereali, alla tundra samojeda, anzi alle popolose e fertili campagne germaniche o francesi. Quella prima sezione, asiatica nel nome e nella natura, è nota di consueto sotto la denominazione, piuttosto etnica e linguistica che non geografica, di *bassopiano turanico*, se a limite occidentale le si assegni il Caspio e quel qualunque confine col quale s'intenda di dividere l'Europa dall'Asia, o col nome geografico di *bassopiano aralo-caspiano*, se si vuole assegnargli dei limiti naturali. Nè forse questi si potrebbero trovare alla vasta regione depressa, se non nelle falde del Tarbagatai, dell' Alatau, e del Tiančan a levante, da quelle del Pamir e dell'Indocuč a sirocco, da quelle del Corassan, dal Caspio e dalle propaggini del Caucaso a mezzogiorno e a libeccio, e dalle catene collinesche di Ergheni e del Volga a ponente. A tramontana, le falde meridionali degli Urali e l'accennato dorso di Acmollinsc chiudono una vasta regione, di cui un buon tratto, la così-detta *depressione caspiana*, giace di qualche metro sotto il livello dell'oceano. Un tempo veramente si esagerava la estensione e il valore di tale depressione, forse per l'impressione di quelle 50 tese delle quali all'Engelhard e al Parrot nel 1811 il barometro avea mostrato più basso del mar Nero, lo specchio del Caspio (1); ma adesso tale differenza è accertata in soli 26^m (2). A questa massima bassura fa corona una pianura dolcemente inclinata, che segue l'orlo di ponente del Caspio settentrionale fino a Camiscin, forse un 100 chilom. a S. di Saratow, indi vien limitata da una curva quasi concentrica alla sponda del Caspio, e che ne raggiunge di nuovo l'orlo orientale presso la baja Morta, la Mertvi Cultuc, sul 45° parallelo. A tale depressione, intersecata da numerosi laghi salati e da qualche rara collina conica ed isolata, che interrompe la monotonia del suolo a lievi ondulazioni, or-

(1) Secondo i dati delle ultime livellazioni russe in Guthe-Wagner, op. cit., vol. I, pag. 472.

(2) Esso verrebbe a constare, secondo i dati del Sonklar, dalle parti seguenti:

	chil. quadr.
Bassopiano turanico.	1.718.000;
» delle steppe chirghise . .	1,002,000;
» sarmatico	5.266.000;
» germanico e olandese . .	374,000;
» francese.	270.000;
» di Canin e di Cola (Lapponia)	110,000;
Totale	8,740,000

Anche seguendo i dati dell'Hugues, si otterrebbe:

Bassopiano turanico.	3,302,000;
Grande bassopiano europeo nel più ampio significato della parola, ma esclusi i mari interni e le pianure britannica e scandinava	5,505,000;
Totale	8,807,000.

Però forse ai dati qui esposti dell' Hugues conviene aggiungere più di 600,000 chilom. quadr., costituiti dalle pianure germanica, olandese e francese, e quindi si arriva a poco meno di 9 $\frac{1}{2}$ di chilom. quadr.

(1) Peschel. *Geschichte*, pag. 615 e 624. Il primo a dichiarare che il Caspio fosse più basso del mar Nero fu lo Chappe di Hauteville, nel 1768, e il dislivello da lui venne fissato in 310 piedi par. Dopo il Parrot, nel 1842, una livellazione condotta dall'Hommaire de Hell ridusse tale differenza a soli 36 piedi (11^m.68). Cnfr. De Fonpertuis, *Le bassin du Volga*, in *Revue scient.*, 1883 (t. 31) 1.° sem., pag. 145.

(2) In seguito alla importante livellazione, compiuta da Fuss, Sawic e Sabler nel 1836 e 37 e pubblicata da F. G. G. Struwe nel 1849.

È noto come questa non è la sola depressione sotto il livello marino esistente sul globo. L' elenco al **Prospetto XXXI** riassume le principali profondità e ad un tempo le principali depressioni note alla scienza.

Digitized by Google

mai, dopo le ultime livellazioni, non si può più far appartenere l' Ust-Urt, la steppa interposta tra il Caspio e l' Aral elevata di quasi 200^{m} sul mare. Lo stesso lago d'Aral, il cui specchio si riteneva di soli 10 o tutto al più 15^{m} elevato sul livello del mare, dopo le misure eseguite dal colonnello Thillo nel 1874, apparve sovrastare al Caspio di ben 74^{m}; e quindi si dovette riconoscergli un'altitudine di 48^{m} (1).

Dall'estreme bassure della regione depressa, non molto differisce l'elevazione dell' Uralsc e della steppa chirghisa, e ad essa, almeno secondo le più probabili induzioni, di poco è superiore l'altitudine della steppa turcomanna, e molto di più quella della regione che si stende a ventaglio a levante del lago d'Aral e dove già il lago Balcač si nota a 238, Tascent a 450 e Samarcanda a circa 700^{m} sul mare.

Il bassopiano europeo viene a confondersi nella sua parte orientale colla depressione caspiana, della quale comprende il tratto maggiore. Costituito per quattro quinti dalla grandiosa pianura *sarmatica*, o *slava*, o *russa*, estesa dal Baltico agli Urali e dall' Oceano glaciale al Caucaso, e ai monti Ciatir della Crimea, al mar Nero e ai Carpazi; esso proietta tuttavia tre appendici notevolissime: una a maestro verso la Scandinavia, una seconda a ponente e in varia guisa incurvata lungo la spiaggia del Baltico, del mare del Nord e dell'Atlantico fino ai Pirenei, l'ultima finalmente a libeccio nel bacino del Danubio inferiore, col quale viene a confondersi. È un'estensione di almeno 6 milioni di chilom. quadrati, che facilmente salirebbe a 6 milioni e $^{1}/_{2}$, aggiungendovi le pianure della Scandinavia e della Gran Brettagna, e a 7 $^{1}/_{2}$ o a poco meno, se, ampliandone ancora il concetto, vi considerassimo compresa la superficie dei mari che ne sono abbracciati e che costituiscono col loro fondo le parti più depresse del bassopiano (Fig. 203).

Non tutta la distesa ora accennata si può considerare come assoluto bassopiano e nemmeno quale pianura. Nella stessa pianura sarmatica, dei dorsi non imponenti per altitudine, quanto per estensione, a greco e a libeccio, separano le parti più depresse, le quali come la pianura d'Arcangelo, quella del Don, quella del Caspio, seguono e formano i bacini dei grossi fiumi. Però, salvo il caso del gruppo collinesco dei Valdai, dove il Popova Gora, o *monte dei popi*, il più elevato fra essi, s' alza appena 351^{m}; la estrema orizzontalità della pianura si può agevolmente dedurre dal fatto che non soltanto fu possibile di condurre una serie di canali navigabili fra il mar Glaciale e il Caspio, fra il Caspio ed il Baltico, fra il Baltico e il mar Nero, e non sarebbe difficile condurre quello fra il mar Nero ed il Caspio; ma che nessuno di questi canali, scavati necessariamente attraverso le linee di displuvio, si trova ad altitudine superiore ai 200^{m} sul mare (1).

Un triangolo costituito da tre linee quasi rette e che abbia i suoi vertici presso le sorgenti della Garonna, alle foci del Danubio e a quelle del Reno, racchiude le parti montuose continentali d'Europa. Tra questo triangolo e il Baltico s'insinua a tramontana quell'appendice del bassopiano grecale, che assume il nome di pianura *germanica*, proseguita a sua volta dalla *olandese*, rivolta specialmente a maestro e verso il mare del Nord. Poche e basse alture separano questa zona dal bassopiano francese, volto decisamente all'Atlantico e quindi a sera, ma però disgiunto da quello del Rodano mediante una soglia, anche in questo caso assai modesta, se il *canal du Midi*, che congiunge la Garonna al Mediterraneo, non s' eleva in nessun punto sopra l'altitudine di 190^{m}.

Sui limiti dell' alta regione triangolare si seguono i minori bassopiani del Rodano, del

(1) Gothe-Wagner, vol. II, pag. 51 e 379.

	Spartiacque
a. Collegamento fra il mar Caspio e il mar Glaciale	
1. mediante il Cama (Volga) e la Viciegda (Dvina)	c.a 150 m
2. mediante il Mologa (Volga) e la Sucona (Dvina)	» 150.
b. Collegamento fra il mar Caspio ed il Baltico	
1. mediante il Mologa, i laghi di Onega, di Ladoga e la Neva	» 150.
2. mediante il Volga, sopra i Valdai e il lago di Ladoga	» 200.
c. Collegamento del mar Nero col Baltico	
1. mediante il Dniepr e la Düna	» 150.
2. mediante il Pregel (Dniepr) e la Vistola	» 150.
d. Spartiacque fra il Manič (mar Nero) e il Cuma (Caspio)	» 25.

Il Réclus (*Nouv. geogr.*, VI, *Asie Russe*, pag. 68) giudica l'altitudine della soglia fra il Manič (mar Nero) e il Cuma (Caspio) ben inferiore in altezza ai 20m. sul mare. Cnfr. in proposito la carta del Petermann, *Süd Russland und Kaukasien*, 1 : 3,700,000, nello Stieler's, *Hand Atlas*. I Russi condussero fin dal 1859 un'esplorazione in questo paese per costruire un canale di congiunzione fra il Caspio ed il Nero. V. anche in *Giro del Mondo*, Milano, Treves, II, 1874, pag. 274.

(1) Peterm., *Mittheil.*, 1875, pag. 310; — *Année géogr.*, 1875, pag. 20); — Thillo, *Riassunto* ecc., *per la livellazione fra il Caspio e l'Aral*, in *Cosmos di* G. Cora, III, 1876, pag. 9.

Digitized by Google

Po e del Danubio inferiore o bassopiano rumeno, mentre nella sua stessa parte interiore s'abbassano le fertili e storiche pianure del Reno medio, e del Danubio medio o bassopiano ungherese, coll'appendice della pianura morava.

Delle penisole, quella di Canin e quella di Cola si stendono piatte, a prosecuzione immediata del bassopiano russo. La seconda,

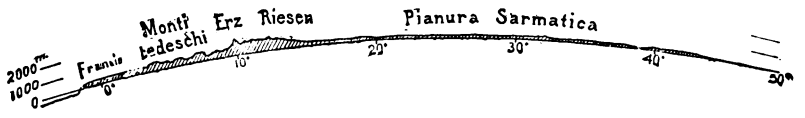


Fig. 203. — Profilo dell'Europa sul 50.° parall.

almeno parzialmente e in grazia dell'altopiano granitico e lacustre della Finlandia, è divisa dalla pianura scandinava, che segue tutto in giro il contorno del Baltico, e che, per poco depressa sotto il mare, risorge poi a costituire il Jutland, pianeggiante in tutta la sua modesta estensione. A mezzodì della Russia, la Crimea forma a sua volta il naturale proseguimento del bassopiano pontocaspiano, del quale conserva i caratteri salvo nella porzione meridionale, dove lo Ciatir Dag (1519m), il « monte a padiglione », segna una barriera alla pianura e, dicasi pure, anche al clima sarmatico.

Nelle altre penisole d'Europa il carattere montuoso ed elevato predomina, salvo brevi tratti dei bacini fluviali. Così nella penisola Iberica le ristrette pianure andaluse e catalane seguono i bacini del Guadalquivir e dell'Ebro, e quelle dell'Estremadura e dell' Alemteio si stendono sui bacini inferiori del Tago e del Sadao; — così in Italia le pianure toscane e romane seguono i bacini dell' Arno e del Tevere; — e nella penisola slavo-ellenica la pianura di Adrianopoli corrisponde al bacino della Maritza. Ma in tutte tre le penisole una serie di bassopiani, spesso fertili, ma più spesso malsani, seguono le costiere, come la bassura della Valenza in Ispagna, le maremme toscane e romane, le pianure adriache della Italia meridionale, proseguite dal tavoliere della Puglia e da quasi intera la penisola salentina.

Delle isole europee, piane quasi del tutto sono l'Irlanda e buona parte della stessa Gran Brettagna, la cui regione orientale dal bacino dello Tweed a quello del Tamigi è tutta una ininterrotta pianura congiunta a ponente con quella della Severn. Quasi poi adesso non vale la pena di menzionare quelle microscopiche pianure di Oristano, di Cagliari, che resero tristamente celebre il clima della Sardegna, e la celebrata *Conca d'oro* palermitana, e la Piana di Catania, in Sicilia.

Alle molteplici e frazionate pianure secondarie d'Europa corrispondono, ma in proporzioni ben altrimenti grandiose, quelle dell'Asia. Nessuno dei bassopiani autonomi europei, salvo lo scandinavo, si stende per più di 100,000 chilom. quadrati. In Asia il valore di tali estensioni è almeno tre o quattro volte maggiore di quella cifra (1). A mezzogiorno della stretta e serpeggiante pianura dell' Amur, si svolge ampio, complesso e fertile il bassopiano cinese, dove ebbe culla ed alimento forse la più antica, certo una fra le più meravigliose civiltà del mondo. Esso corrisponde al bacino gemello dell'Hoango e del Jancechiang, come la più meridionale pianura di Canton si stende su quello del Sichiang, quella del Tonchino sul bacino del Song-ca, quella del Cambodge e della Cocincina nel bacino inferiore del Mecong, e finalmente le pianure siametiche e birmane nei bacini medi e inferiori del Menam, dell'Iravadi e del Saluen. Lungo le coste della Malacca, come lungo il Coromandel, le pianure non fanno difetto, anzi quelle spettanti a quest' ultima costiera paiono quasi un'appendice caudale della vasta pianura bengalica, formata a sua volta dal bacino inferiore dei gemelli Gange e Brahmaputra. La fertile pianura irrigata dal fiume sacro s'inalza a grado a grado a ponente fino a Delhi (252m) e là una soglia ben poco alta

(1) Estensione dei bassopiani asiatici, secondo l'Hugues:

	chil. quadr.
Bassopiano della Mesopotamia	854,000;
» indiano	2,135,000;
» cinese	1,281,000;
Altri bassopiani	1,718,000.

La stessa estensione, secondo il Sonklar:

Bassopiano siro-arabico	716,000;
» indiano	1,322,000;
» dell'India posteriore	440,000;
» cinese	550,000;
» della Ciungaria	165,000.

Per quanto si comprenda come una disparità anche lieve nei criteri della classificazione, debba produrre delle differenze numeriche considerevoli nei valori aerometrici, non possiamo dissimularci che nei dati precedenti le differenze sono veramente eccessive. Rammentiamo ancora che il materiale altimetrico è tuttora insufficiente per poter ottenere dei dati sicuri e che dei due autori citati quegli che ricorre alle fonti più recenti è l'Hugues.

Digitized by Google

separa il bacino del Giamma (Gange) dal Tarr o Turr, deserto indiano, volto a mezzogiorno, dove termina colla pestifera palude del Rinn.

L'ultimo gruppo dei fiumi gemelli dell'Asia, quello del Tigri e dell'Eufrate, dà luogo alla formazione di una nuova pianura, la bassa Mesopotamia, oggi chiamata Irac-Arabi, volta a sirocco verso il golfo Persico e circondata all'ingiro da altopiani a scaglioni, il deserto siro-arabico, l'alta Mesopotamia, l'acrocoro iranico. Bagdad, nel cuore della pianura, non s'alza forse nemmeno a 100m sul mare (1).

Altre piccole pianure costiere, come quelle della Palestina o come quella del Cur, il Cirus dell'antichità, nella Transcaucasia, meritano appena d'essere ora menzionate nella rapida scorsa sintetica che facciamo.

Come l'Europa, l'Asia presenta montuose il più delle sue penisole: il Camsciatca, la Corea, le tre penisole meridionali, di cui l'arabica forma un vero altopiano, la sinaitica, l'Anatolia. Piane e depresse al contrario son quelle di Jalmal o dei Samoiedi, e di Taimir a settentrione, e quella di Guggerat o di Cattgivar a mezzogiorno; miste quelle dei Ciutci e dello Scian-tung nel mar Giallo. E carattere misto lo presentano molte delle isole, che come le Filippine, Sumatra, Hainan, accanto alle catene montuose, mostrano dei bassopiani di estensione non trascurabile.

L'Africa nel suo assieme ha carattere di acrocoro, che opponga al commercio e alla civiltà i suoi scaglioni bastionati ed ardui a sormontarsi. Tuttavia nemmeno in essa mancano del tutto le parti piane e depresse (2), le prime ad esser note e a diventare sedi di cultura, testimone innanzi tutte l'Egitto. Nè le pianure africane seguono sempre e assolutamente i lidi, o s'adagiano sui delta fluviali, come accade nei bacini inferiori del Senegal, della Gambia, del Quorra o Gioliba, dell'Oguè, dello Zambese e del Limpopo, ma talvolta tentano d'insinuarsi nell'interno, o si notano ad una certa distanza dai maggiori bacini (Fig. 204). Così la pianura niliaca risale stretta e serpeggiante il bacino del proprio fiume tanto che Assuan medesima, 900 chilometri a monte del Cairo, non è elevata più di 108m sul mare; per giunta nella sua parte più depressa si allarga stendendosi a levante a congiungersi col deserto calcare di el-Tih e colle pianure della Palestina, e a ponente col cosiddetto deserto libico, dove molte oasi s'alzano di ben poche dozzine di metri sul mare ed alcune anzi scendono sotto il suo livello. Veramente la catena delle oasi egizie di Chargeh (75m) e di Dachel (120m), di Farafrah (85m) e di Bahrieh (100m) s'alzano a circa un centinaio di metri sul mare (1). Ma i primi viaggi di Rohlfs (1868) nel deserto libico aveano accreditata la idea che le oasi di Bir Ressam, di Augila e di Gialo fossero rispettivamente poste a — 100, — 52 e — 35 m rispetto al livello marino. I viaggi posteriori dal Rohlfs medesimo compiuti nel 1869 e nel 1879 e le sue osservazioni coordinate con quelle del Jordan, e la discussione sì delle loro come delle precedenti osservazioni barometriche, condussero a concludere che le altitudini dei punti più depressi del deserto libico si possono fissare:

per Augila a . . .	+ 41m.	Rohlfs
» Gialo	+ 28	(Beurmann)
» Siuah (Giove Ammone)	— 25	Jordan
» Arag (a sud-est di Siuah)	— 70	Jordan

Sembra ancora che lo uadi o stagno di Natron a levante del Nilo di Rosetta venga a costituire un'altra brevissima depressione, di soli 2m inferiore al livello del mare, da altri tuttavia negata (2).

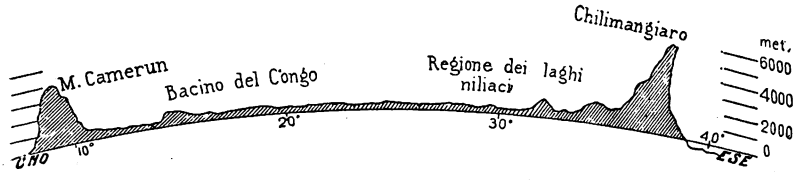


Fig. 204. — Profilo dell'Africa.

Un'altra regione depressa è quella degli sciott o stagni tunisini prossimi al golfo di

(1) Cernik 50m.; Blunt 128m.

(2) A chi guardi attentamente una carta dell'Africa fatta secondo le ultime esplorazioni, riesce difficile attribuire ai bassopiani di questo continente un'estensione maggiore di 4 o 5 milioni di chilom. quadrati.

(1) Secondo il Cora (*Schizzo oro-idrogr. del Sahara*, 1:30 milioni in *Boll. Soc. Geogr. ital.*, 1882) le altitudini delle oasi di Chargeh e di Farafrah, sono rispettivamente uguali a 6m e 76m.

(2) V. in proposito Cora, *Il Sahara*; in *Boll. della Soc. Geogr. ital.*, 1882. pag. 697. Il Wagner assegna ai punti ora accennati le seguenti altitudini: Augila + 28m., Siuah

Digitized by Google

Gabes, resa celebre dal famoso progetto di un mare interno, che, secondo il capitano Roudaire, dovrebbe essere il creatore di una nuova era di prosperità per quella zona triste, malsana e deserta (1). La livellazione, condotta nel 1876 dallo stesso Roudaire tra il Mediterraneo e la regione inondabile, mostrò che realmente il letto di alcuni fra quegli stagni salati è posto a un livello inferiore al marino. Così, sorpassata la prima barriera sabbiosa che si suole chiamare adesso *istmo di Gabes*, alta 46m, si trova il doppio stagno di el-Fegig o el-Gerid, la cui crosta salata varia da + 16 a + 31m in media; superato quindi un secondo istmo, detto di Cheriz, seguono altri tre stagni, l'altitudine dei quali può fissarsi a — 21m pel primo, lo sciott Gharsa o Rharsa, a — 2m pel secondo e piccolissimo, lo sciott Asluge, e finalmente a — 31m pel terzo e maggiore di tutti, lo sciott Melghigh o Melrir. L'altitudine negativa media di tale regione depressa, dopo tali studî, si deve ritenere pari a circa — 24m, e ciò per un'estensione eguale a circa 8000 chil. quadrati, cioè, se inferiore a quanto si giudicava un tempo, certamente tutt'altro che trascurabile.

Anche il Sahara occidentale, senza essere in nessun punto depresso, come si credette per qualche tempo, sotto il livello oceanico, si stende a bassopiano (2), interrotto soltanto da modesti acrocori e poi prolungato nella sua parte estrema fino a congiungersi col bassopiano della Senegambia.

Le altre pianure dell'Africa sono tutte distribuite lungo le coste, salvo forse quel breve tratto del Sudan settentrionale che si trova a greco del lago Tsade (250m circa) e le cui due parti assumono i nomi di Bodele e di Egai. L'estremità settentrionale del fiume delle Gazelle (Bahr-el-Ghazal), con letto incassato di fiume temporario, s'eleva qui appena a 150 o a 160m sul livello dell'oceano, cosa tanto più meravigliosa in quanto che il litorale più prossimo ne dista ancora meglio che 1500 chilometri.

Ai bassopiani costieri, che, larghi da uno a due centinaia di chilometri, girano tutta la parte d'Australia volta a maestro e a tramontana, fan riscontro non meno vaste, e più profondamente insinuate nel continente le pianure meridionali della regione dei laghi e del doppio bacino del Murray e del Darling (Fig. 205). La pianura settentrionale, prolungata idealmente oltre lo stretto di Torres a congiungersi con quella del Fly nella Nuova Guinea, si mostra la prosecuzione del poco profondo golfo di Carpentaria e del mar d'Arafura; la meridionale, quella del cosidetto gran golfo Australe. Sprofondando l'Australia di soli 100m sotto l'Oceano, ne rimarrebbe un isolone accidentato con due lunghe appendici caudate a greco e a sirocco e un minore ar-

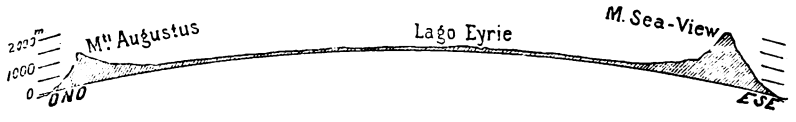


Fig. 205. — Profili dell'Australia.

cipelago di quattro o cinque isole montuose nel grande golfo racchiuso dalla curva delle alpi Australi. Anche qui, come nell'Asia e nell'Africa, si nota una parte interiore assai depressa, ma non già sotto il livello del Pacifico, poichè il lago Eyre, scolo di tale bacino, ancora sovrasta di 21m all'Oceano, il lago Torrens di 23m e il lago Gairdner di 112m. Non è improbabile che lo stesso altopiano centrale presenti delle altre bassure senza scolo esteriore. Certo è che il lago Amedeo, nel cuore del continente s'eleva appena a 203m sul mare.

La concavità che da una regione glaciale all'altra, quasi senza posa, separa in America (1) la regione montuosa occidentale dalla

— 32, Arag — 80, stagno di Natron + 3. Cnfr. GUTHE-WAGNER, op. cit. pag. 352.

(1) V. il Cora citato, pag. 696; — *Bollet. della Soc. ge gr.* N. XII, 1875 (Relazione dei signori BELLUCCI, BARATTIERI e FENORO) pag. 453, 619, 673; — HÉLÈNE MAXIME, *Les nouvelles routes du globe*, Paris, Masson, 1883, pag. 1-0; — ROUDAIRE, *Carte du bassin des Chotts*, sc. 1:800,000, in *Bull. de la Soc. geogr. de Paris*, 1877, vol. I, ecc. ecc. Tale questione ormai possiede una bibliografia oltremodo ricca.

(2) Secondo il Cora, le dune di El-Gasba sono a 90m, l'estremità orientale di el-Giuf fra 120 e 150m sul mare. Il Cora si servì dei recenti risultati dei viaggi del Ravenstein e del Lenz in questa regione.

(1) L'estensione dei bassopiani dell'America Settent. è così fissata dall'Hugues:

	chil. quadr.
Pianura artica, a nord del displuvio tra l'Atlantico da un lato e la baia d'Hudson dall'altro.	4.676.000
Pianure a mezzodì di tale displuvio . . .	2,338,000

E secondo il Sonklar:

Digitized by Google

orientale, più che per bacini interni e senza scolo, è degna di menzione per la mancanza di spartiacque cospicui. La vasta zona pianeggiante artica, che in largo giro abbraccia la baia d'Hudson e si stende su molte fra le terre del Passaggio Nord-ovest, può forse distinguersi in tre bacini, quelli del Mackenzie, del lago Winnipeg e della baia d'Hudson; ma quel labirinto di laghi e di fiumi da cui è intersecato il paese, non presenta nessuna linea decisa ed invia con indifferenza le proprie acque a direzioni diverse giusta le circostanze diverse che accompagnano le inondazioni e i grandi congelamenti invernali. Il lago Winnipeg, alto 205m sul mare, segna il termine meridionale della pianura artica, che a ponente si solleva adagio, dapprima coi *barren grounds*, abitati dalle renne, dagli orsi, dai lupi e dalle volpi polari, poi a libeccio colle *prairies* del Missuri, a levante coll' acrocoro roccioso del Labrador, dove le arenarie quarzose scompaiono sotto il fitto mantello del muschio della renna e sotto le chiazze scarlatte della *Cladonia gracilis*.

Più aperto a mezzodì, un breve ripiano granitico separa il bassopiano artico dal più vasto ricettacolo d'acqua dolce ch'esista al mondo, poichè la superficie complessiva dei cinque laghi canadesi non misura meno di 250,000 chilometri quadrati. Per di più, tale regione viene a costituire la zona principale di depressione delle due Americhe. Veramente lo specchio dei varî laghi non scende in nessun caso al livello marino; ma in questa, come in altre circostanze consimili, e almeno quando si tratta di estensioni tanto considerevoli, conviene tener conto dell' altitudine del fondo. Ora ecco quali si giudicano le altitudini dei aghi canadesi (1):

Laghi	Altitudine dello specchio del lago	Profondità	Altit. del fondo
Superiore . .	191m	310m	— 119m
Michigan . .	180	300	— 120
Uroni. . . .	180	208	— 28
Erie	175	85	+ 90
Ontario . . .	73	220 (1)	— 147

Ciò porta naturalmente l'altitudine del fondo di quattro fra essi ad un valore negativo rispetto al livello marino, il che fa palese l'esistenza di una depressione locale meno estesa senza dubbio di quella del Caspio, ma pur non trascurabile, da essa però diversa, perchè le peculiari condizioni climatologiche ed idrografiche rendono possibile che l'acqua ne occupi tutte le parti incassate, trovando l'equilibrio fra il tributo da un lato, l'evaporazione e lo scolo dall'altro soltanto in una tale espansione, che corrisponde a un pelo d'acqua notevolmente sollevato.

L'America settentrionale possiede però due altre vere depressioni sotto il livello marino. Spettano entrambi alla regione inesplorata e deserta che si stende ra il Colorado e il Pacifico, addossandosi alla Sierra Nevada e alle sue propaggini meridionali. Tra 36° e 38° di latitudine settentrionale prima s'adima incassata fra due catene laterali di montagne, la Valle della Morte (*Death Valley*) a circa 50m sotto il livello marino (2). Superato il Mohave Desert e la catena di San Bernardino, un nuovo avvallamento fa discendere il *Soda Lake* o *Salt Lake* o *Dry Lake* a 66m (3) sotto il livello del vicino golfo di California, del quale il piccolo deserto del Colorado, così depresso e così ricco di concrezioni saline, sembra una prosecuzi ne.

Un rialzo dolcissimo ci segna il trapasso dal bacino dei grandi laghi canadiani a quello del Mississippì rivolto a mezzodì e verso il golfo del Messico, ma doppiamente inclinato ai due

	chil. quad.
Bassopiano artico	5,500.000
Savanne del Mississippi	3,854.000
Bassopiani costieri dell'Atlantico	550,000

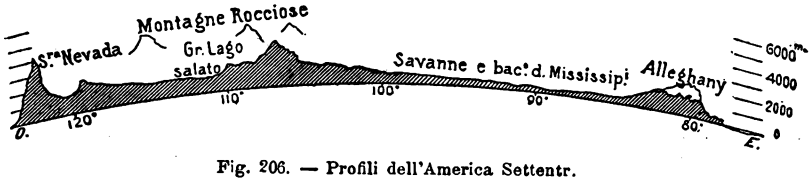


Fig. 206. — Profili dell'America Settentr.

Anche il Sydow attribuisce al bassopiano artico la estensione di 5 milioni e $\frac{1}{2}$ di chilom. quadr.

(1) Le altit. sec. il KLÖDEN. *Zur Orographie* ecc., *der Vereinigten Staaten* in *Zeitschr. für wissensch. Erdk.*, 40, 89. 204. Le profondità secondo l'HELLWALD e l'HUGUES, opere citate.

(1) L'Hellwald dà pel lago Ontario una profondità di 1104m. (!)

(2) Ecco le altitudini attribuitele secondo varie fonti: — 57m. SONKLAR; — 100m. WAGNER; — 53m. HELLWALD: — 33m. 100 p. ingl. PETERMANN (Atl. STIELER, Carta N. 79).

(3) Ecco le altitudini del Soda Lake, secondo varie fonti: SONKLAR 23m.; HELLWALD — 21m.; PETERMANN — 97m.; ANDREE — 90m; HUGUES — 92m.; WAGNER — 100m. La quota di — 66m. risulta dalle livellazioni praticate nell' occasione in cui fu costruita la *Southern Pacific Railroad* (la ferrovia meridionale del Pacifico), fra Los Angeles ed Arizona City. Il tratto depresso più o meno ha una lunghezza di circa 80 chil. Cufr. *Année géogr.*, 1872, p. 245.

Digitized by Google

lati, cioè con forte pendio a ponente, lungo le *prairies* e verso le montagne Rocciose, con lenta inclinazione a levante e verso gli Alleghani. Per comprendere quanto poco meriti il nome di altopiano il lungo dosso che separa dal bacino del San Lorenzo o dei grandi laghi la *interior valley of north America*, che così i geografi americani chiamano il bacino del Mississippì, basti osservare che il lago Ithasca, che costituisce le più elevate sorgenti di questo potente fiume, prescindendo dai suoi tributarî, giace appena a 512^{m} sul mare e che le altitudini medie dei varî Stati dell'Unione, che circondano a mezzogiorno la regione lacustre e che comprendono la zona di displuvio, tutte, tranne quelle del Minnesota, oscillano tra i 190 e i 240^{m} sul mare (1), ed è appena al *coteau du Missouri* ed a quello *des Prairies*, che separano il bacino dell'alto Missuri da quello del lago Winnipeg, che si può assegnare un'altitudine media di 550 o 600^{m}.

L'*interior valley* discende quindi estremamente dolce a mezzogiorno. Da San Paolo al mare il Mississippì si svolge per oltre 3100 chilometri per discendere di soli 210 o 230^{m} (2); gli Stati rivieraschi: il Kentucky, il Tennessee, l'Arkansas, il Mississippì presentano altitudini medie sempre più modeste (3); e la pianura raramente interrotta, si allarga a ponente e a levante, quasi circuendo con una zona concentrica la vasta incurvatura del golfo messicano e congiungendosi colle pianure della Florida e in genere con quelle della costiera atlantica. Certamente la Florida si palesa per una delle più piatte e depresse regioni del mondo, se la sua altitudine media non oltrepassa i 18^{m} sul pelo marino.

Passando il mare, una serie di piccoli bassopiani che si mostrano nello Jucatan e lungo la costa di Mosquitos, e poi quelli del bacino del Maddalena preludono ai *llanos* dell'Orenoco descritti dall'Humboldt e più tardi dall'italiano Codazzi (1), e alla pianura più ricca di foreste e di acque che vi sia al mondo, alle *silvas* delle Amazzoni (2). Il bassopiano del Maddalena s'inoltra incassato, stretto e diviso in due rami, penetrando tra alte catene parallele, in modo così lento che il fiume è navigabile pei piroscafi sino ad Honda (200^{m}) a forse 600 chilom. dalla foce.

Quello dell'Orenoco, ristretto dapprima tra l'acrocoro roccioso della Guiana e le sierre della Venezuela, si allarga poscia a bacino, spingendosi lievemente ondulato sino ai piedi delle Ande. Che se pericolose catteratte, come quelle di Maipures e di Atures, la rendono possibile soltanto saltuariamente, la navigazione dell'Orenoco si spinge fino a una distanza di soli 150 chilom. da Bogota (2650^{m} c.^{a}), cioè dove sorge Cabugaro a non più di 148^{m} sul mare. L'altitudine di tutta la pianura dell'Orenoco è di una uniformità meravigliosa. È appena se le lentissime curve dei *bancos* o delle *mesas* (tavole) ne interrompono la monotomia. Però essa presenta la sua massima inclinazione da ovest ad est, dove Angostura o Bolivar arriva ad essere a 60^{m} sul livello marino.

Invece verso mezzodì la pianura lentamente s'inalza, ma in modo tale da non stabilire quasi affatto nessuna soluzione di continuità tra le pianure dell'Orenoco e quelle spettanti al prossimo bacino delle Amazzoni. Anzi qui si rinnova il fenomeno, pur sempre singolare, della totale assenza di spartiacque. Non corre l'Orenoco nemmeno 200 chilom. a valle della sua sorgente, che, disceso poco oltre Esmeralda, improvvisamente si divide e invia verso ponente un ramo, il minore, noto sotto il nome di Cassiquiare, mentr'esso volge con larga piega a tramontana. Dal punto di biforcazione, elevato non più di 282^{m} (337 *varas*) sul mare,

(1)

	Alt. media
Minnesota	355m.
Wisconsin	250
Illinois	190
Indiana	206
Ohio	213
Michigan	244.

In KLÖDEN, *Zur Orographie* ecc. cit.
(2) WAGNER, 207m.; KLÖDEN, 244m.

(3)

	Alt. media
Kentucky	183m.
Tennessee	»
Arkansas	107
Mississippi	84.

Le città di Louisville sull'Ohio, di S. Louis al confluente del Missuri col Mississippì e di Memfi sul Mississippì si trovano alle altitudini rispettive di 137, 125 e 80m., e l'ultima ancora dista dalla foce in linea retta più di 1200 e seguendo le curve del fiume, più di 1500 chilom., quasi tre volte più che non disti Torino dalle foci del Po.

(1) *Résumen de la geografia de Venezuela*, Paris, 1841.
(2) Ecco quali sono le estensioni delle pianure dell'America merid. secondo le solite nostre fonti. L'Hugues distingue come segue:

	chil. quadr.
Pianure a nord del displuvio fra il rio delle Amazzoni e quello della Plata	7,015.000;
Pianure a sud di tale displuvio	3,897,000.

E il Sonklar:

Silvas delle Amazzoni	7,560.000;
Pampas della Plata	4,185.000;
Pianure occidentali del Chilì, della Bolivia e del Perù	990,000;
Llanos dell'Orenoco	881.000;
» della Guaiana	140,000.

Digitized by Google

corre il Cassiquiare nel Guainia (rio Negro) e con esso nelle Amazzoni.

Il bacino di quest'ultima colossale arteria fluviale si stima la massima tra le distese non interrotte di pianure che vi sieno sul globo poichè il bassopiano senza dubbio abbraccia $^5/_6$ del vastissimo bacino del fiume, esteso non meno di 7 milioni di chilometri quadrati. Anzi è proprio alla estensione ora accennata, cioè di 7 milioni, che si ragguaglia dal più dei geografi la superficie delle pianure dell'Amazzoni (1). I nomi di *silvas* e di *bosques* coi quali si designa quella sterminata pianura, ne tradisce la natura di foresta vergine, meravigliosamente irrigata, quale forse nessuna altra terra al mondo. E del pari nessun'altra regione presenta per tratto così lungo una orizzontalità tanto perfetta e per giunta mantenuta secondo un allineamento regolarissimo. Una retta che dal Pongo de Manseriche a piè delle Ande, sia condotta al golfo di Santa Rosa sull' Atlantico segna l'asse principale del rio Maranon e ad un tempo della distesa pianeggiante, che tal linea divide in due parti quasi eguali, rimanendo però di alquanto maggiore la porzione meridionale, traversata dai più potenti tributarî della grande fiumara. Quella linea presenta una lunghezza non inferiore a 3200 chilom. e tuttavia, sopra sì lungo tratto, il fiume discende soltanto di 180^m, cioè di circa 60^m meno che non discenda da Torino (alto 240^m e lontano dal mare in rettalinea forse soltanto 350 chilom.) il Po, uno fra i più lenti fiumi d'Europa (2). Ciò vuol dire, pressapoco, come, mentre la pianura padana cala verso l'Adriatico così dolcemente che per abbassarsi di 1^m è necessario percorrere quasi 1 chilom. e $^1/_2$, la pianura delle Amazzoni discende di 1^m per adeguato, soltanto ogni 18 chilom. cioè ha un'inclinazione ancora 12 volte minore di quella delle campagne lombarde. Nauta, del resto, è già a soli 114^m sul mare; Tabatinga a 70^m; Obidos finalmente a 30^m e di sta dalla foce ancora non meno di 500 chilom. Le pianure del bacino di sinistra, più spesso chiamate *llanos*, si distendono uniformi, quelle del bacino di destra s'inoltrano talvolta profondamente a monte dei bacini tributarî. Così le pianure *do Sacramento* occupano coi loro *bosques* un buon tratto del bacino dell'Ucayali in pieno Perù (1); così quelle solcate da un lato dal Madeira e dall' altro dal Tocantins e dai loro tributarî si spingono per quasi 15° di latitudine fino all'altopiano di Matto Grosso o alla regione contermine alla quale sembran concorrere. I llanos *de Mojos* e de *Guarasos*, traversati dal rio Grande, dal rio Guaporé e dai loro innumerevoli affluenti, tutti tributarî del Madeira, colla loro orizzontalità preparano il geografo ad attendersi che si ripeta quivi la vicenda del rio Cassiquiare. E difatto il vasto llanos boliviano *de Chiquitos* (18° lat. S.), ricco di paludi e di laghetti salati, posto a soli 290^m sul mare, presenta una idrografia così confusa e indeterminata, che appena si può giudicarlo uno spartiacque fra gli affluenti del Paraguay, e quindi del rio della Plata, e quelli che scorrono a tramontana e verso le Amazzoni.

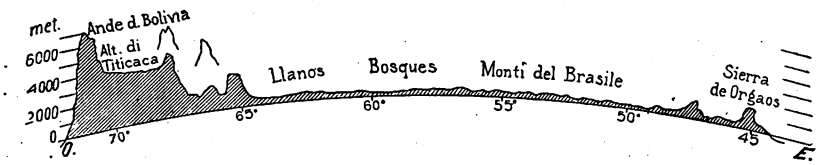


Fig. 207. — Profilo dell'America merid

Coi varî *ciaccos* (chacos), così chiamati con vocabolo probabilmente chicciua (*ciaqca*), che significa stagni palustri (2), cominciano le pianure platensi, selvose e acquitrinose a tramontana, erbose a mezzogiorno. Il loro asse principale si allinea da nord a sud per oltre 30° (3300 chilom.) sopra una larghezza media di circa 10°. Ond'è che la oblunga pianura dapprima appare serrata fra le imponenti

(1) Un tempo si attribuiva al bacino delle Amazzoni una estensione di 5 milioni o 5 milioni e $\frac{1}{2}$ di chilom. quadrati (Roon = 5,000,000; Denzler = 5,550,000) sì perchè si soleva escluderne il bacino del Tocantin, ovvero per semplice arrotondamento di cifre. Adesso il Klöden gli assegna 7 milioni e $\frac{1}{3}$, il Wagner 7 milioni e il Sydow quasi 8 milioni di chil. quadrati.

(2) Da informazioni ottenute dall'ufficio tecnico di Torino, risulta che lo zero dell'idrometro posto al ponte Vittorio Emanuele I° è alto sullo zero della Darsena di Genova 212^m.02. Quindi la pendenza del fiume supposto il suo corso rettilineo si dovrebbe ragguagliare a circa 0.6 per 1000 e tenendo conto delle curve, appena a 0.4 per 1000. Ma la pianura circostante a Torino si può ritenere alta 230 o 240^m sul mare.

(1) Intorno a questa regione vedi *Informazioni del cav.* Lucioli *su alcune regioni dell'alto Amazzoni* in *Boll. Soc. Geogr. ital.*, 1883, pag. 832 e 880.

(2) Pelleschi Giovanni, *Otto mesi al Gran Ciacco*, in Firenze. Arte della stampa, 1881. pag. 249, 310. Altri fanno provenire la voce *ciacco* da radice guarany, che vorrebbe dir *caccia*.

Digitized by Google

Ande chilene e boliviane a ponente e le ultime propaggini delle montagne brasiliane dall' altro, quindi lentamente s' appoggia sui pianori della Patagonia, scendendo dolce a levante verso l' Atlantico. Comprende quasi tutto il territorio dell'Argentina e del Paraguay e notevole parte di quello della Bolivia: da 3 a 4 milioni di chilom. quadrati. Il 33° parallelo separa la regione settentrionale e boscosa dei *ciaccos*, dalla pampa. L' orizzontalità di quella è nota. A chi abbandona Oran (23° lat. Nord) posto ai piedi della sierra nevosa de Zenta a 310^{m} e discende alle Juntas de S. Francisco, si presenta l'enorme distesa del Gran Ciacco, diviso in Australe e Boreale mediante il llanos de Manzo, e solcato dal rio Vermejo (Vermiglio) e dal rio Pilcomayo (il *fiume degli Uccelli* in chicciua), due notevoli tributarî del Paraguay. Ora, in tutto il tratto che s'interpone fra *las Juntas* e il confluente del rio Vermejo in Paraguay, per una lunghezza di 700 chilometri, il viaggiatore non incontra un solo rialzo del suolo, una sola protuberanza che meriti il nome di collina. *Las lomas*, cioè le colline, si trovano più al sud nella regione del rio Salado, e nella provincia di Santiago del Estero, regione bassa essa pure, se la stessa Santiago si trova appena a 162^{m} sul mare. E qui comincia una di quelle zone idrografiche senza scolo marittimo nelle quali più volte c'imbattemmo in questa rassegna delle pianure. È formata da una quantità di rii salati, come lo palesano i nomi di Salado e di Saladillo ivi così frequenti, e da una serie di lagune salate anch' esse e dove i rii vengono a disperdere le loro acque. Isolate montagnole interrompono la uniforme steppa, la quale talvolta inoltra i suoi piani marnosi coperti di *tosca* (1) o di sale, anche frammezzo le sierre granitiche parallele di Cordoba nell'Argentina orientale (2).

Però qui la vera pampa depressa non arriva ai piedi proprî della regione andina; ma, a forse 350 o 400 chilometri da Buenos Aires, s' arresta per cedere il posto a una regione transitoria, alta in media da 500 a 600^{m}, ondulata e dove l'*humus* spesso e fertile della pampa, è sostituito da una formazione detritica sassosa o sabbiosa, interrotta da sierre e da lagune salate (1).

Del pari non è facile di tirare una linea netta di divisione tra la pampa e i pianori patagoni. Certo essa oltrepassa a mezzodì e notevolmente il rio Colorado; ma indi a poco i ripiani terziari, talvolta ricoperti da lave basaltiche e da massi erratici, acquistano il sopravvento e appoggiati alle Ande serrano a levante le basse pianure, ridotte a spazî litorali sempre più ristretti, e limitate a insinuare tutto al più delle strette lingue a monte dei barranchi, traverso i quali i radi fiumi di quella terra incognita guadagnano la costa dell'Atlantico (2).

4. Uno schizzo morfologico degli altopiani terrestri, è una cosa addirittura impossibile, se si vuole conciliare la brevità colla completezza. I bassopiani di consueto poco deviano dalla orizzontale, si allontanano dal livello marino soltanto entro limiti assai ristretti, seguono generalmente con notevole fedeltà le linee segnate dalla idrografia fluviale. Gli altopiani non hanno norme decise in altitudine, i loro limiti estremi, estensibili forse fra 200 e 5000^{m}, sono assai più discosti fra essi che non quelli fra i quali stanno i bassopiani. Per giunta, mentre l'uniformità è nota predominante nel bassopiano: la massima varietà caratterizza l'altopiano, rare volte monotono e pianeggiante, sovente accidentato, montuoso, rotto, frastagliato, diverso a breve distanza per natura di suolo, come per vegetazione. Da ultimo, per quanto si sia tentati di considerare gli altopiani come una specie di scheletri ossei dei continenti, in realtà ben rare volte i profili attuali di questi, disegnati dalle costiere, presentano una vera rispondenza cogli altopiani medesimi. Si imagini ad esempio, di abbassare idealmente per 200 o 250^{m} sotto l'oceano alcuni dei continenti, quali l'Europa e le Americhe, così sopprimendone i bassopiani. Ne avremo una serie di grosse isole e di arcipelaghi, colle quali soltanto e senz'altri indizî, il più acuto geologo non sarebbe capace di ricostruire la figura delle terre attuali.

Del pari è assai difficile assegnare un' altezza media ai varî altipiani, appunto a motivo della inesauribile varietà del loro aspetto

(1) Lovisato Domen. (uno fra i membri della spedizione ital. antartica), *Lettera al Comand. Bove* in *Bollett. della Soc. geogr.*, XIX, 1882, pag. 297 e seg. La *tosca* è una incrostazione calcareo-marnosa indurita che sottostà al terriccio nero e che forma la superficie della Pampa.

(2) Lovisato, *Da Buenos Aires alle Sierre di Cordova*, in *Boll. Soc. geogr. ital.*, 1883, pag. 911.

(1) V. Cardon, *El pais de los Araucanos, nota bibliogr.*, in *Boll. Soc. geogr. ital.*, 1884, pag. 75.

(2) Bove. *La spediz. Antartica*, in *Bollett. della Soc. geogr. ital.*, 1883, pag. 15; — Trouessart, *La faune éocène de la Patagonie australe* ecc. in *Revue scientif.*, 1883, 10 novemb. pag. 589.

Digitized by Google

orografico. Per persuadercene basta riflettere che non molti anni or sono il Sahara veniva giudicato un bassopiano, mentre adesso la sua media altitudine si ritiene oscillante fra 400 e 500^{m} (1) e le estreme differenze di rivello si fanno variare fra 70^{m} sotto il livello marino (e lo vedemmo) e forse 3000^{m} sopra tale livello (2). Così l'Humboldt assegnava all'altipiano iranico un'altitudine media di circa 1300^{m}. Oggi invece bisogna distinguerne le varie parti, attribuendo per esempio al Gran Deserto Salato (Darije Cabir), che ne forma la parte di maestro, l'altitudine media di 1000-1200^{m}; alla regione Afgana una media di forse 1800 o 2000^{m}; mentre il Mecran (a sud del Beluccistan) risulta assai basso e la palude interna salata di Hamum, dove si perde l'Hilmend, discende appena a 380^{m} sul mare. Ed è savio aggiungere che dell'altimetria di alcune sue parti ne sappiamo pochissimo.

Il Wagner distingue le terre elevate in altopiani di primo e di secondo ordine, a seconda che la loro media altitudine superi o meno il livello dei 1200^{m}. Posto ciò, è certo che due delle parti del globo: l'Europa e l'Australia, posseggono quasi solamente altopiani di secondo ordine. Il solo Hardangerfield (nella Norvegia) e quello di Soria nella Spagna si mostrano elevati quello 1300, questo 1500^{m}. Ma l'altipiano alvergnate di poco supera i 300^{m}; il bavarese arriva appena ai 500^{m}, quello della Nuova Castiglia ai 600 e della Vecchia Castiglia ai 700^{m} sul mare. Nè quanto sappiamo dell'Australia ci concede di ritenere ch'essa possegga acrocori più elevati di questi.

L'Africa da un lato e l'America Settentrionale dall'altro, comprendono gli altopiani di media altitudine, come quello dell'Abissinia, dove lo specchio del lago Tana o Tzana s'eleva a 1942^{m} (3), l'altipiano dei grandi laghi (4) sta fra 700 e 1000^{m}, quello dei Galla e dei Somali sta a circa 1030^{m} sul mare, e finalmente quello del fiume Orange sta fra 1900 e 2000^{m} sul mare, in Africa; o come quelli di Utah o del gran Lago Salato (1280-1370^{m}), della Valle di S. Louis nel Colorado meridionale e nel Nuovo Messico (2100-2400^{m}), del Colorado nell'Arizona (1680^{m}) o del Llano Estacado (970-1430^{m}), del Messico o di Anahuac (2200-2300^{m}) nell'America Settentrionale (1). Anzi fra le due regioni non manca il riscontro delle pianure elevate di secondo ordine, quali le savanne e le prairies del bacino di destra del Mississippì, da un lato, e il Sahara e il Sudan, dall'altro, ad entrambi le quali vastissime successioni di pianori si può assegnare un'altitudine media, oscillante fra 4 e 500^{m}.

Invece le regioni che presentano gli acrocori più elevati e imponenti, sono l'Asia e l'America Meridionale. Per un pezzo si credette che la palma della primazia in ciò spettasse alla seconda di tali due parti del globo; ma poi adesso, dopo le misurazioni inglesi nella regione dell'Imálaia, dopo le esplorazioni inglese, russe e tedesche del Tibet e del Pamir, non v'è più dubbio che l'Asia, come forse possiede i più estesi, così senza dubbio comprende i più elevati acrocori terrestri.

I più potenti altipiani dell'America meridionale si allineano in lunghissime serie, in mezzo ai colossali argini e rinterzamenti delle Ande, determinando con questa loro disposizione una speciale caratteristica alla regione. Notevolissimo fra gli altri è l'acrocoro boliviano, che comprende il lago Titicaca (2) (3824^{m}) e che s'estende forse a 105000 chil. quad., mantenendo un'altezza oscillante fra 3800 e 4000^{m}, spesso più elevata, ma in una sola località, nella pampas d'Aullaga, dove si scarica il Desaguadero, depressa a 3700^{m}. In tale regione le città si succedono una all'altra a tali altitudini, nelle quali in Europa nevi e ghiacci perpetui avvolgono nella loro bianca corazza le vette o gli alti bacini alpini. Cochabamba, una fra le più basse, si trova a 2570^{m}, Sucre o Chuquisaca la capi-

(1) Cora, 4-500m.; Chavanne, 425m.

(2) Il monte Taridde nella catena del Tarso è circa 2800m. secondo il Nachtigal. I monti Ahaggar nel centro del deserto presentano altezze pari a c.a 3000m. sec. il Duveyrier. Cnfr. la citata carta del Cora: *Schizzo oro-idrografico del Sahara.*

(3) Wagner, pag. 348; sec. il Cora (v. nota seg.) m. 1859. Lo Chavanne assegna all'altipiano abissino un'altitudine media di 1671m.

(4) Secondo il Cora (*Carta ipsometrica dell'Africa Equatoriale* ecc., sc. 1:20 milioni, in *Cosmos*. 1877. tav. VII) e lo Chavanne (*Central Africa*, 1:5 milioni, Vienna, Hartleben, 1891?) ecco quali sarebbero le altitudini dei grandi laghi africani compresi fra 5° N. e 15° S.

	Cora	Chavanne
Ukhereve o Victoria Nianza .	10 0m.	1300m.
Mvutan o Albert Nianza . . .	670	619
Tanganjica	826	814
Moero	900	914
Bemba o Bangveolo	1124	1124

(1) Cnfr. per queste altitudini Haiden, *Le montagne rocciose* in *Cosmos* di G. Cora, II, 1875-76. pag. 414.

(2) Il dato di 3824m. risulta da recenti livellazioni ferroviarie (Cnfr. Wagner, p. 229). Altri dati sarebbero: 3717m (*Journ. R. Geogr. Soc.*, 1874, pag 129), 3 08m (Stieler. ed *Ann. du Bureau*), 3842m (Reck in Klöden), 3916m (Pentland, ibid.) e 3944m (*Zeitschrift für Erdk.*, Bd. IX, 1874, pag. 230).

Digitized by Google

tale della Bolivia,, almeno a 2700, Potosì a circa 4000^{m} sul mare (1).

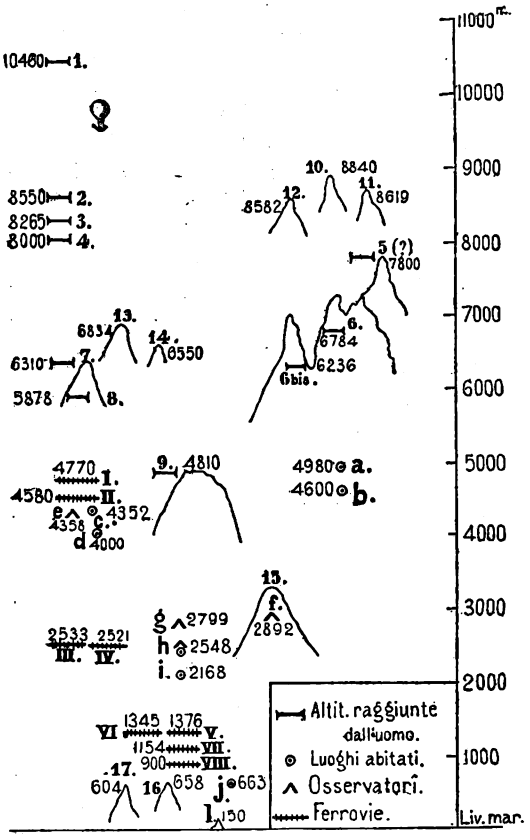


Fig. 208. — Alcune massime altitudini.

1. Ascesa in pallone: Glaisher e Coxwell, Londra, 1862; — 2; Idem; Sivel, Tissandier e Croce Spinelli, Parigi 1875; — 3. Idem; Andreoli e Brioschi, Padova, 1808; — 4. Idem: Glaisher e Coxwell, Londra, 1862; — 5. Ascesa alpina sul Nanda Devi, Graham, 1883; — 6 Id; Rob. Schlagintweit, sull'Ibi Gamin, 1856; — 6 bis. Idem, idem; sul passo dell' Ibi Gamin, 1856; — 7. Idem; Whymper sul Cimborazo, 1881; — 8. Id. Humboldt, ivi, 1802; — 9. Idem; Balmat, guida, sul M. Bianco, 1786; De Saussure, id. 1787; — 10. M. Gaurisancar; — 11. M. Dapsang; — 12. M Canchingianga: — 13. M. Aconcagua; — 14. M. Illampu o Sorata; — 15. M. Etna; — 16. Superga. Basilica; — 17 Venda negli Enganei.

a. Thoc Jalung, miniera nel Tibet; — *b*. Hanle, città nel Caracorum; — *c*. Cerro di Pasco, città; — *d*. Potosì, città: — *e*. Osserv. del Pike of Peak; — *f*. Idem dell' Etna; — *g*. Idem e miniera di Fleiss Goldzecke (Carinzia); — *h*. Idem e ospizio di Valdobbia; — *i*. Villaggio di Juf nei Grigioni; — *j*. Madrid, città.

I. Ferrovia di Oroya; — II Id. del Crucero; — III. Idem da Vera Cruz a Messico; — IV. Id. del Pacifico; — V. Id. del Brenner; — VI. Id. del Cenisio; — VII. Id. del Gottardo; — VIII. Id. del Semmering.

Aggiungasi un altro dato. Le più elevate linee ferroviarie del globo non oltrepassano, in Europa il limite di 1400^{m} (1), nelle altre parti d'America quella di 2550^{m} (2). Qui la ferrovia che va da Arequipa a Puno risalendo faticosamente il pendio occidentale della cordigliera, allorchè traversa il Crucero, si trova all'altitudine di 4580^{m}, — 58 metri solamente meno della Dufour Spitze, il più ardito pinnacolo del monte Rosa. Esso non si trova superato se non dalla ferrovia da Lima ad Oroya, di cui il passo che porta quest'ultimo nome giace a 4769^{m} sul mare (Fig. 208).

Dall' altopiano boliviano volgendo a maestro, gli acrocori s'inseguono coronati dalle più eccelse cime vulcaniche del globo. Cerro de Pasco presso l'11.° di latitudine meridionale, sorge a 4352^{m} sul mare, insuperata forse da qualsiasi città, tranne Hanle (4600^{m}) nel Caracorum, e Cursoc (4541^{m}) nell' Imálaja (3) ed eguagliata appena dalla stazione del Pike of Peak (4358^{m}), il più elevato osservatorio del globo (4).

Poi, spingendosi ancora a tramontana, s'incontra lo stretto altopiano dell'Equador, elevato oltre i 2600^{m} e dove Cuenca, Riobamba e Quito, si trovano rispettivamente a 2600, a 2890 e a 2850^{m} sul mare, e ad elevazione poco diversa giace l'acrocoro di Bogota, nel quale la città omonima è eretta suppergiù ad un'altitudine di 2650^{m}.

Nè la regione montagnosa del Brasile, dove la vetta più alta l' Itatiaia, nella serra do Mantiqueira, raggiunge appena i 2712^{m}, nè i pianori della Patagonia o quelli della Guaiana possono nemmeno da lontano gareggiare con tali giganteschi altopiani.

I quali, dicemmo, possono a soli emuli avere le enormi masse montagnose dell'Asia.

Questa parte del globo presenta, fra gli altri, anche il fatto singolare che dai suoi altopiani si stacca una serie di diramazioni a tentacoli allargantesi in direzioni diverse e secondo figure varie e bizzarre. Così una

(1)	metri
Passo di Saifnitz sulla linea Udine-Villaco	805
Semmering (tunnel)	898
Galleria del Gottardo	1154
» » Frejus (Cenisio)	1254
» » sommità	1335
Passo del Brenner	1376
(2) Ferrovia del Pacifico	2521
» da Vera-Cruz a Messico	2533

(1) Livell. ferrov. citata. Pentland a Mathew dànno cifre ancora maggiori, cioè di 4103 e 4142m per Potosì.

(3) Sec. il Réclus (*Nouv. Géogr. Univ. VII, L' Asie Orient.*, 1882. pag. 37) il più alto luogo abitato del globo sarebbe Thoc-jalung nell'acrocoro del Gang-dis-ri e del Transimalaja, posto a 4980m sul mare.

V anche Petherm., *Mitth.* 1869, Tav. 6.ª

(4) Questo dato è dell'*Ann. du Bureau*. Sec. il P. F. Denza (cnfr. *Bollettino della Soc. geogr. ital.*, 1883, pag. 832), l'altitudine del Pike's Peak è di soli 4308m.

Digitized by Google

prima e duplice appendice sarebbe formata dell'Arabia colle sue gradinate, alte da 700 a 1000 e anche a 1200^{m} o riunite per mezzo dell' altopiano siriaco (600^{m} c.^{a}) al complesso montuoso dell' Anatolia e dell'Armenia, alta quella in media da 1000 a 1200^{m} (Sivas 1250^{m}, Cesarea o Caisarie 1100^{m}), questa, nella parte più occidentale ed elevata, anche da 1800 a 2000^{m}, come lo mostrano l'altezza di Erserum (1950^{m}) e del lago alpino di Sevanga o di Gotča (1925^{m}).

Segue quindi assai alternato e complesso l'acrocoro iranico, del quale già alquanto discorremmo e che poggiando a greco sulla catena dell' Indo-cuč prepara il passaggio al grande nucleo centrale del Mustag e del Caracorum. Ad esso concorrono, quasi a centro di un vasto raggiamento geografico, numerose catene orografiche e vi si appoggiano almeno tre altopiani, quello dell'Afganistan o di Cabul, quello del Pamir e quello finalmente del Tibet o di Chor. All' altipiano Afgano non si può assegnare un' altitudine media inferiore a 2000^{m}: Cabul e Gazni, due fra le principali città che vi si notano, sorgono a 1950 e a 2350^{m} sul mare.

Più potente ci appare il Pamir, il cosiddetto *Tetto del Mondo*, il pianoro già traversato nel secolo VII dal Cinese Hiuen Ciang, non ignoto senza dubbio ai viaggiatori e ai missionari italiani del medio evo, quello stesso che Marco Polo riferiva come venisse stimato « la più alta montagna del globo » e perciò « niuno uccello non vi vola, per l'alto luogo e freddo; e fuoco non v'ha il calore ch'egli hae in altre parti, nè non è così cocente colà suso (1) ». Ma esso non cominciò ad esserci svelato prima dei viaggi del Wood nel 1838 e poi dei viaggi e delle pubblicazioni degli Schlagintweit, dello Yule, del Forsyth, del Gordon, dello Stolickza, del Sewerzow, del Fedscenco e di tanti altri valorosi esploratori. Adesso il Pamir, o meglio i *Pamir*, poichè meglio che un solo, ivi notasi un'intera serie di piccoli altopiani scaglionati a ponente o a levante, apparisce un elevato nucleo montuoso, a carattere stepposo e deserto, solcato da laghi, traversato da numerose catene allineate una di fianco all' altra nel senso dei paralleli, interposto fra i due più vasti bacini senza scolo periferico che vi sieno al globo, quello del Tarim da un lato e quello dell'Aral dall' altro, finalmente legame di due enormi masse montagnose: le asiatico meridionali (Indo-cuč e Imálaia) da un lato e il Tian-čan dall'altro. Prescindendo dalle vette alpine che, come il monte Kaufmann (6850^{m}) nella catena settentrionale del Transalai, si spingono a 7000^{m} e in qualche caso altresì li sorpassano (1), l'altitudine media del più elevato fra i *Pamir* non si può reputare inferiore ai 4000^{m} (2). Il *lago nero* o Cara-cul, presenta il suo specchio a 4050^{m} sul mare.

Ma l'altopiano del Pamir non s'estende a più che 80 o 90000 chilom., mentre il prossimo acrocoro del Tibet misura almeno 20 o 25 volte una tale superficie. Sorretto dalle più eccelse catene del globo, l'Imàlaia, la *sede della neve*, a mezzogiorno, il Caracorum, le *montagne nere*, a settentrione, in esso tutto vi è gigantesco. Gigantesche le vette, che col Gaurisancar e col Dapsang arrivano a 8840 e a 8620^{m}; elevatissimi i valichi che non discendono mai sotto i 4500^{m}; l' altitudine media di questa regione, fin pochi anni addietro del tutto ignorata, ed ora svelataci specialmente per opera dei Panditi od agenti indigeni appositamente istruiti dagl'inglesi, si deve giudicare senza dubbio superiore ai 4000^{m} e per importanti sezioni anche superiore ai 4500^{m}.

Se ne distingue di consueto: la parte centrale od acrocoro di Chor, stepposo e deserto, probabilmente senza scolo esteriore; una parte orientale, alquanto più depressa e tributaria almeno in parte dell' Hoango, del Mur-ussu (Jangcechiang) e forse dell' Iravaddi; una parte meridionale coi bacini superiori dell'Indo, del Setlege e del Brahmaputra, e finalmente una settentrionale appoggiata alla catena del Cuen-lun, coi vari rinterzamenti dell'Altin-tag e dei Nan-čan. La parte meridionale, ristretta fra le catene di Gangri e dell'Imálaia presenta varie altitudini. Prescindendo dalle vette e dai passi, per es. il Tengri-nor o Jang-namčo, un lago posto a maestro tramontana della celebre città buddistica di Lhasa, forse il maggiore dei molti laghi tibetani, sta a 4600^{m} sul mare, il lago di Palti o Giamdoc-čo a libeccio della stessa è a 4114, e Lhasa medesima si trova a 3630^{m}. Volgendo a ponente, nel nodo montuoso che serve di displuvio fra le acque del Brahmaputra e quelle dell'Indo, i due sacri

(1) BARTOLI, *I viaggi di Marco Polo*. Firenze, Lemonnier, 1863, pag. 54.

(1) Il Tagharma, sec. Trottero Costenco, è alto 7775m; sec. d'Hayward 6400m.

(2) Cnfr. *Le Turkestan, Pamir et Thian-chan*, alla sc. 1 : 5 milioni, che accompagna il vol. VII, pag. 114 della *Nouv. Géograph. Univ.* del RÉCLUS.

Digitized by Google

aghi di Mansaraur e di Racu, d'onde ha scaturigine il Setlege, si trovano a 4670^{m} sul mare, il villaggio di Gartoc, posto allo spartiacque fra il Setlege e l'Indo, luogo di sola dimora estiva, si trova a 4400^{m}, e la stessa città di Leh, la capitale del Ladac in pieno bacino dell'Indo si trova ancora a 3540^{m} sul mare.

La parte settentrionale dell'altopiano del Tibet va mutando pure da ponente, a levante. Presso i gradi 79-85 di long. orientale da Greenwich, essa si può ritenere pari a 4300-4500^{m}, fra 85° e 91°, sta fra 4500 e 4800^{m}; poi procedendo ancora a levante essa declina ancora ai 4000^{m} e forse più in basso (1). L'estrema parte occidentale sotto l'80° di longitudine si deve ritenere elevata suppergiù a 5000^{m}, o da 15700 a 17000 piedi inglesi (2).

A confronto di tali enormi elevazioni, è ben naturale che devono sembrare bassure tutti gli altri altopiani dell'Asia, cominciando da quello vastissimo, che potremo benissimo chiamare, col Wagner e adottando la espressione cinese, Han-hai, cioè *mare inaridito*, quasi a memoria del vasto mediterraneo, di cui esso attualmente rappresenta il fondo asciugato. Esso si può considerare diviso in due parti precipue, la prima delle quali, l'occidentale, per brevità chiameremo *bacino del Tarim* (3), e l'orientale *Gobi* o *Čamo* (*mare di sabbia* in cinese) o deserto mongolo. Quella prima sezione s'alza oltre i 1200^{m}, colla sua zona occidentale e più elevata, dove Cotan od Ilsci (Iltschi), Jarcand e Cačgar si spingono a 1370 a 1200 e a 1230^{m}, ma ad oriente declina col corso del Tarim, finchè questo si sperde a 671^{m} « nel grande pantano », che così sembra significhi il nome tibetano di Lob-nor, con cui si designa tale bassa palude (4). Una specie di rialto longitudinale il Jümönn dei Cinesi, che da Chami (792^{m}) lungo il meridiano 94° da Greenwich si dirige a Sa-ceu (1128^{m}), rannodando la catena del Tian-čan a quella del Nan-čan ed elevandosi a 1200 e anche più metri, separa il bacino del Tarim dal vero Čamo, regione steppposa, alternata di deserti pietrosi, e di pascoli ricchi d'erbe e limitata dapprima a nord e a sud dalla prosecuzione orientale di quelle stesse catene che accennammo quali confini del bacino del Tarim, cioè del Tian-čan e dal Nan-čan, poscia dall'Ala-tai, e dall'In-čan a mezzogiorno, dalla catena del Scin-gan a levante, e a settentrione dalle numerose propaggini dell'Altai, che si possono riassumere col nome collettivo di Tan-nu. La parte più orientale dell'altopiano già spetta al bacino dell'Amur, come la più settentrionale a quello della Selenga e quindi del Jennissei; ma il più è propriamente un bacino chiuso, elevato forse da 800 a 1000^{m}; in qualche caso però depresso, come il corrispondente pianoro del Tarim anche a soli 600^{m} sul mare. La strada che da Pechino mira alla Siberia, superato il passo di Calgan (1630^{m}), si abbassa notevolmente traversando il deserto (Sair-ussu 1097^{m}) nè si rialza se non avvicinandosi ad Urga (1150^{m}) (1). D'altra parte le stesse pianure, che il Gobi insinua fra le elevate catene dell'Altai, appaiono oltremodo basse; e così il Chirghis-nor un lago posto nel bacino di Cobdo (1300^{m}) si alza appena a 900^{m}, e l'Ubsa-nor, posto alquanto più a tramontana (50° lat. N.), appena a 720^{m} sul mare. Più bassa è ancora la pianura ciungarica, fra l'Altai e il Tian-čan, dove Cucen (44°) si trova appena a 700^{m}, il lago Ulungur o Chisil-bač (47°) circa a 466^{m}, e dove comincia quella serie di bassure lacustri alternate di modesti ripiani e di selle, che conducono da un lato al Saisan-nor (410^{m}) e al bacino dell'Irtič e dall'altro al bacino chiuso del Balcač (238^{m}). L'estremo Gobi orientale o il Gobi Manciuro è anch'esso assai basso, tanto da non meritare forse neanche il nome d'altopiano.

Al di fuori di questo enorme nucleo montuoso, della grande Asia, che non può essere esteso meno di 6 o 7 milioni di chilom. quadrati, cioè quasi tanto quanto quello dell'Asia Anteriore a ponente del Pamir (da 7 ad 8 milioni di chil. quadr.), l'Asia conta ancora delle regioni montuose peninsulari, come

(1) V. Dalla Vedova, *Itinerari del colonn. N. M. Prsceralski fra gli anni* 1873 *e* 1880, Sc. 1:7,500,000, in *Boll. Soc. geogr.*, 1884, febbr.

Lago Cucu-nor (100°)	3072m.
Città di Sinin (101°)	2316
» » Zaidain (94°)	2600

(2) Przewalski, *Das nördliche Tibet*, in *Petermann's Mittheil.*, 1884, pag. 14.

(3) Fu chiamato a volta a volta *Piccola Bucaria, Alta Tartaria, Turchestan orientale* o *cinese, Tian-čan-nan-lu* (cioè la *strada meridionale lungo il Tian-čan), Scita Sceher* (*paese delle sette città), Tacla Macan, Alti Scher* (*paese delle sei città), Cačgaria.*

(4) Lo Stieler (2200 p. ingl.), il Wagner, il Réclus concordi, assegnano al Lob-Nor, dietro le traccie dello Przevalsky, l'altitudine di 670m. Invece il Dalla Vedova nella carta citata gli attribuisce quella di 762m.

(1) Sec. il Wagner; 1294m. sec. lo Stieler. Nel deserto alla longitudine di 112 circa si notano due punti, Uchiude e Trön-dabassun-nor alti 944 e 840m.

Digitized by Google

quella del Decan, alta in media da 7 ad 800^{m} e inclinata da ponente a levante fra le modeste catene dei Ghats, di cui la vetta del Nilghiri o monte azzurro arriva appena ai 2546^{m}, ovvero quella dell'India Posteriore traversata da numerose catene parallele, volte secondo i meridiani e ancor troppo poco conosciuta per poterne avere una nozione completa ed esatta. Tuttavia per lo meno il nucleo montuoso del Jünnan vuol essere qui considerato come un acrocoro solcato da valli profonde. Da Bamo nella Birmania, città elevata appena 220^{m}, portandosi a Momein si sale a 1714^{m}, e del pari il lago di Tien-hai, sulle cui sponde sorge Jün-nan, si trova a 1950^{m}.

E montuose del pari sono le due penisole di Corea e del Camčatca; e montuose quasi tutte le isole; ma nè quelle, nè queste non costituiscono in nessun caso dei veri altopiani nello stretto senso della parola.

5. Del resto la morfologia delle pianure, basse od elevate, è ben lungi dall' esser segnata dalle poche linee, colle quali cercammo di accompagnarne la corologia o la distribuzione sulla superficie del globo. Il semplice fatto della loro, più o meno perfetta, orizzontalità, tradisce che le pianure in genere rappresentano l' ultimo prodotto di un lavorìo di forze diverse, dirette a colmare le diseguaglianze orografiche. Ma queste forze, esterne od interne al globo stesso, agiscono diversamente a seconda della latitudine, a seconda del materiale che devono rimaneggiare.

Per cui una diversità di risultati e una vera differenziazione, resa ancor più spiccata dal rivestimento vegetale, che colla vita che spande intorno, dà una singolare fisionomia alle varie regioni del globo.

Il particolare aspetto, che una pianura presenta, proviene in primo luogo dalla natura del terreno da cui è costituita, e dalle vicende geologiche ch' essa deve aver attraversato. Gli *hammada* o, come li chiamano i berberi, i *fasili* del Sahel o Sahara occidentale, generalmente costituiti da arenarie neocomiane e da calcari cretacei, resistono meravigliosamente alle folate del vento e alle altre cause di deterioramento meteorico, per cui s' elevano a guisa di pianori deserti più o meno rossastri, sopra i *mofra* o *giof*, dove il terreno più argilloso e più capace per l'umidità è meglio suscettibile di alimentare una certa vegetazione. La *tosca* o la marna argillosa ricca di carbonato calcico e di ossido di ferro, che costituisce la crosta superficiale del bacino della Plata, contribuisce moltissimo ad imprimere quella singolare fisionomia alle pampas; come il *less* o un'analoga alluvione quaternaria marnoso-calcarea di colore giallo bruno, che copre di enormi stratificazioni le steppe dell'Asia centrale (1) e in genere le pianure dell' Asia orientale, spiega in gran parte il carattere desertico di quelle regioni. La pianura lombarda colla sua dolce inclinazione, colla esuberante fertilità delle sue campagne, coi suoi talus alluvionali, coi suoi trovanti, colla lunga zona di ridenti colline, che la cingono a settentrione, intrammezzate da numerosi laghetti, riassume la storia della erosione alpina, dalle prime fratture delle emersioni granitiche agli sbarramenti morenici dell'epoca glaciale.

Non sempre però alla natura geologica del terreno corrisponde l' aspetto esteriore della regione. Talvolta basta una non grande differenza nelle condizioni climatologiche, tal altra soltanto l'altitudine differente, per determinare una fisionomia diversa, sopratutto dacchè ad imprimerla vi ha tanta parte la vegetazione. Gli stessi calcari cretacei o giurassici compatti, che costituiscono il carso istriano e l'acrocoro del Cansiglio (nella Venezia orientale), posti forse a 100 chilometri uno dall'altro, in quel primo altopiano, elevato soltanto 2 o 300^{m} sul mare, presentano l'aspetto della steppa rocciosa, poverissima di piante, in questo, a 1000 o 1100^{m}, scompaiono nascosti sotto una fitta chioma boscosa e sotto una cotica spessissima di humus organico. Lo stesso less, che alla media altitudine della pianura di Gobi, a motivo della singolare aridità propria, acquista carattere desertico: quando si stende nelle regioni più umide ed irrigate, sieno le elevatissime dell'interno, o le bassure della campagna cinese, diventa estremamente fertile e dona perciò al paesaggio un aspetto diversissimo da quel primo.

Del resto, se anche nella formazione delle pianure, come in quella di qualsiasi altro accidente orografico, concorrono numerose e molteplici le varie forze della natura, per esse l'agente principale e talvolta esclusivo è l'acqua. Ad esserne convinti, basta osservare un pò attentamente la forma che le varie pianure presentano. Allorchè si afferma essere orizzontale la superficie di una pianura,

(1) PORENA, *L'opera del barone F. di Richthofen sulla Cina*, in *Boll. Soc. geogr. ital.*, 1882, pag. 743.

Digitized by Google

s'intende che ciò si verifichi giusta un' assai larga approssimazione. La regione più orizzontale e piatta, che si possa imaginare prescindendo dalle asprezze accidentali, presenta superficialmente la combinazione di una serie di piani, ciascuno dei quali offre almeno due inclinazioni. D'onde la figura di *bacino*,

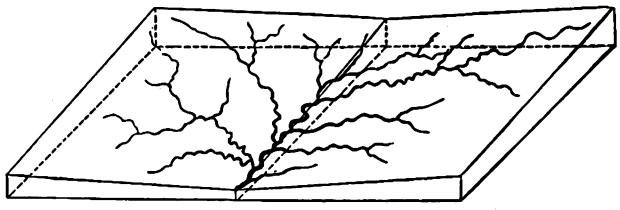


Fig. 209. — Doppia inclinazione delle pianure.

formato da varî *versanti* o *acquapendenze*, dirette verso le linee di maggior depressione, i *filoni*, o i *thalweg*, o verso il bacino di ricevimento, che può essere in molti casi un lago o un mare. E, per conseguenza, altresì la formazione delle linee di *spartiacque* o di *displuvio*. La figura che offriamo al lettore (Figura 209), presenta, in forma geometrica regolare, ciò che in natura si verifica nei varî terreni, anche se sottoposti a un solo agente esteriore, l'acqua, così condotta a foggiarli in virtù della legge di gravità, ch' essa pure, grazie alla propria scorrevolezza, asseconda.

Nelle masse orografiche assai accidentate, le linee di displuvio e i filoni si susseguono a breve distanza orizzontale e a fortissimo dislivello dando origine alle valli; mentre nelle pianure la distanza orizzontale fra esse è assai grande, e fra le lievissime inclinazioni che ne provengono, si frappongono degli spartiacque così modesti che non compete più loro il nome di *linea di vetta* (*ligne de faite*) e tanto meno di *cresta* o di *pettine* (*kamm*, *kammlinie*); ma bensì quella di *limitare* o *soglia* (*landschwelle*, *seuil*, *uvali* in slavo (1)) o tutt'al più quello di *dorso* o di *schiena* (*landrücke*, *croupe*, *coteaux*).

E l'azione dell'acqua, già palesatasi in questo plasmare a linee dolci il paesaggio, prosegue nel foggiarlo ulteriormente col determinarne una inclinazione sempre più debole al basso, col distribuirvi i varî detriti in modo che da monte a valle s'incontrino sempre più sminuzzati, col disperdere il terreno a *talus* o a ventagli, collo scavarvi delle valli d'erosione, e colla conseguente formazione di terrazzi che le costeggino.

(1) HUMBOLDT, *Tableau*, pag. 42.

Moltissime fra le pianure presentano più o meno spiccati i fenomeni che adesso accennammo, anzi tutte quelle che si designano come *alluvionali* e sono il maggior numero. Per di più, i fenomeni analoghi non si limitano al periodo quaternario od attuale, ma si segnalano anche nei periodi geologici anteriori, nei quali si osservarono dei rimaneggiamenti idrografici ed una oroplastica non molto diversi, questa e quelli, dagli attuali.

Però l'acqua non opera sempre, nella formazione delle pianure, a mezzo della precipitazione atmosferica e dell' erosione e della dejezione fluviatile, bensì anche talvolta come ammasso oceanico, o lacustre. I numerosi esempi, da noi porti, di pianure senza scolo esteriore (1) mostrano abbastanza comune questa sorta di formazioni, le quali, oltre che dai depositi salini e dai sedimenti mescolati ad erbe e sparsi di fossili marini, sono quasi sempre costituite da materiale assai fine e leggiero, stratificato orizzontalmente o quasi. Non è raro poi il caso di trovare in questo genere di pianure l'azione mista di fattori diversi: cioè i fiumi e il mare; e quindi certi apparati che palesano un vero processo di deltazione; e del pari la esistenza di dune, di lidi e di altri accidenti consimili che palesano il successivo spostarsi delle spiagge marine, sotto l' azione delle cause che producevano l' asciugamento del mare interno originario.

Un altro agente, che concorre alla formazione delle pianure, sia demolendo ed erodendo, come trasportando e riempiendo, è il vento. La sua azione si manifesta su tutte le pianure, rivestite o no di vegetazione. Dove questa esiste, esso coopera a disseccarla, ne trasporta il prodotto morto, che senza la sua azione riuscirebbe a costituire un utile humus organico, alimento e vita ad altre piante; scoperta la roccia sottostante, la erode, la disgrega, la fende in modo sorprendente; da ultimo o la solleva in turbini, o per lo meno la rotola, spingendola in piani inclinati successivi e creando quel singolare fenomeno geografico, che sono le *dune mobili*. Non v'è, si può dire, pianura che non possieda il suo vento speciale: si chiami *pampero*, come nel-

(1) Come il bassopiano caspiano, il bacino del Tarim e consimili; non già il Sahara, come molti pensavano un tempo, e che nel suo complesso si può considerare come letto di mare soltanto in età geologiche molto remote. CORA, loco cit., pag. 783.

Digitized by Google

l'Argentina, *harmattan*, come nella Guinea, o *chamsin*, come in Egitto, o *guebli*, come nella Tunisia, o *samum*, come in Arabia, o *sherchi*, come nel Curdistan, o *tebbad*, come fra i Turcomanni, o altrimenti. Certo è che, oltre all'azione fisiologica, spesso funesta alle piante e agli animali, il vento ha un'azione meccanica potente non soltanto nei suoi parossismi, ma anche nel processo consueto e normale di sua manifestazione. Nel Sahara, a mo' d'esempio, si vuole che la regione composta di dune e di sabbie mobili sia estesa ben oltre a 2 milioni di chilometri quadrati (1), di cui 1 milione e $^1/_4$ nella parte occidentale e circa 1 milione nell'orientale o nel cosiddetto deserto libico e prendendo a linea divisoria il meridiano del lago Tsade. Nella regione delle sabbie, il vento, per solo rotolamento o spingendo i granellini di sabbia gli uni sopra gli altri come sopra dei piani inclinati, è capace di creare dei lunghissimi allineamenti, vere catene di dune, elevate di consueto 40 o 50^m, ma non di rado anche 100 o 200^m sul piano circostante. Senza credere ch'esse seppelliscano tanto facilmente le carovane del deserto, come si sente spesso ripetere, possono però traversarne ed arrestarne il cammino, nella guisa che successe al Rohlfs nel deserto libico nel febbraio del 1874, e certamente imprimono alla regione una morfologia singolare e caratteristica, non soltanto, ma svariata nella sua stessa monotonia.

Valga il vero: le dune di sabbia presentano nel solo deserto saharico un'intera nomenclatura (2).

Prescindendo dalle diversità linguistiche, per le quali i Berberi marocchini e senegalesi le chiamano *ighîdi*, *ghidi*, *igidi*, *igdia*, *el-ghedea*; gli Arabi *'erg*, *'arg*, *'areg*; i Tuareg *adehî* (plurale *edejen*); e le tribù del deserto libico *rmel*, *semmel*, *remla*, *rhart*; le loro forme e caratterische diverse han reso necessari vocaboli diversi per esprimerle. Così si distingue la *gâra* (plurale *gûr*) specie di ripiano terrazzato roccioso o terroso che segna il livello antico del suolo primitivo e che quindi non costituisce una vera duna, abbenchè spesso si possa scambiarla per tale; il *ghurd*, vera montagna di sabbia a notevoli dimensioni; la *zemla*, o duna regolare a schiena d'asino con pendenza uniforme su entrambe le faccie principali; il *sîf*, duna a falce a sciabola, ma con forte inclinazione di una delle faccie, cioè di quella sottovento. A queste forme generali si aggiungono le più speciali, come quella di *ghelb* (plurale *golûb*), duna a forma di cuore; di *chelb*, a forma di cane; di *scianscem el chebs*, a forma di naso di pecora e così via; o le collettive, come *kheit*, cordone di dune, e consimili.

Ma la diuturna azione del vento non si restringe a rimaneggiare variamente le dune. Essa colma le *uadi* o depressioni, invade senza tregua le *oasi*, per quanto difese con munizioni artificiali, spinge le sabbie innanzi a sè protraendo il deserto nel mare, come testificano i bianchi promontorî dell'Africa occidentale, rivelatori che il vento dominante nel Sahára è il greco.

Nè questo fatto si limita al Sahára. Nella valle dell'Eufrate (1) l'invasione delle sabbie sotto l'influenza dei venti di libeccio ha luogo con una rapidità prodigiosa. La vecchia città araba di Niliia, pochi chilometri ad est di Babilonia, nel 1848 cominciò a subire l'invasione delle sabbie, e questa proseguì così sollecita che in sei anni il deserto circostante era tutto coperto da tondeggianti tumuli sabbiosi e le rovine della città erano siffattamente scomparse che la loro forma non si disegnava più sotto il fitto mantello da cui erano sepolte.

La steppa turcomanna presenta esempi poco diversi. Son note le infinite sofferenze incontrate nel 1875 dalla spedizione russa, che sotto il generale Lomachin esplorava la regione solcata dall'antico letto dell'Oxo, e specialmente in causa dei *barhani*, cioè di dune di sabbia infocate, alte 10 o 12^m, che traversavano continuamente il cammino rendendo penosissimo il procedere sì agli uomini come ai cavalli (2). Più a mezzogiorno poi, nel bacino di destra dell'Atrec e fra esso, il Caspio e i Balcan, un tempo sorgeva, fra altre, la città di Mestoria (Mestdovran), oggi vinta dalle sabbie; ma la cui importanza e grandezza traspaiono dalle vaste rovine, colle quali ingombra il deserto scorrazzato dai Turcomanni Jomudi (3). E il letto stesso dell'Oxo, scomparso in molti tratti o in parte colmato dalle sabbie mobili, tradisce la potenza dell'ondeggiante elemento.

(1) Cora, scritto cit.; — Rolland, *Les grandes dunes de sable du Sahara* in *Revue scient.*, 1881, pag. 610 maggio); ecc.; — Duveyrier, *Esploration du Sahara*, ecc., Paris, Challamel ainé, 1865, pag. 7. 8.

(2) Cnfr. il Cora cit., pag. 779.

(1) Marsh, *L'uomo e la natura*, pag. 586. Analogamente si formano i cosìdetti *medanos* nel bacino dell'Orenoco.

(2) Cnfr. *Bollet. della Soc. geogr. ital.*, 1876, pag. 79.

(3) *Peterm. Mittheil.*, 1876, pag. 16. — Réclus, *Nouv. Géogr.*, Tome VI, pag. 528.

Digitized by Google

Lo spazio non ci permette poi di procedere adesso a una vera classificazione delle pianure, secondo la loro esterna fisionomia. La infinita nomenclatura popolare, nel designarle, non dimentica in tutti i casi i tratti altimetrici e morfologici del suolo, nè la sua natura geologica; e nemmeno il grado maggiore o minore di umidità che le distingue; ma ne riassunse i caratteri specialmente osservando il tipo della vegetazione di cui si rivestono. E quantunque forse, non sempre tale distinzione sia applicabile a tutti i casi, pure il geografo, non può dimenticarla, ed accettandola sovente non fa che sancire i giudizî dei viaggiatori e dei popoli.

Così la parola *deserto* (1), oltre alla distesa di sabbie uniformi e sovente salate, richiama alla mente sopratutto la esclusione quasi assoluta di alberi e in genere una grande povertà di specie vegetali, unita ad un'estrema scarsezza d' individui. La flora degli sterili *hammada* e dei *sserir* del Sahára, si riduce a poche artemisie e a pochi cardi spinosi, come a qualche ginestra, e alle tammarici è limitata quella del deserto arabico, al *saxaul* (*haloxylon ammodendrum*), all'assa fetida, al *galbanum*, quelle dei deserti turanici.

E poche specie, specialmente se arboree, quantunque in numero maggiore che non nei deserti, coprono invece di numerosissimi individui quelle pianure alle quali si suol estendere il nome russo di *steppa*, la cui radice *step*, null'altro significa se non *solitudine*. Dire in cosa essa geograficamente differisca dalla *landa*, dalla *brughiera*, dall'*ericaia*, dal *felceto* dell'Italia, dall'*haide* della Germania, dalle *campines* del Belgio, dal *boccage* della Brettagna e della Vandea, dalla *lada* dei Boemi, dalla *sedina* e *pustara* dei Croati, dalla *stepa* e dalla *pustinia* dei Polacchi, finalmente dalla *puszta* dei Magiari, è difficile. Son sempre alcune specie predominanti: la *brande* o *bruyère* dei Francesi, l'*heidekraut* dei Tedeschi, l'*erica* degl'Italiani, o in altri casi la felce, o la scopa, o il cardo (*xanthium spinosum*) o consimili, che, riportato il sopravvento su tutte le altre piante, si alternano il dominio della pianura più o meno sabbiosa, più o meno cosparsa di acquitrini, su cui crescono, e alla quale imprimono un aspetto diverso secondo le stagioni.

Ma, se generalmente le steppe variano da stagione a stagione, ve n'è alcune fra esse, nelle quali le vicende atmosferiche si alternano così decise che la pianura si trasforma a volta a volta da deserto in giardino, coperto di lussureggiante vegetazione. La steppa Chirghisa, più che le varie pianure d'Europa, colle sue alternative di neve e di gelo nel verno, di pioggie nella primavera e di arsure insopportabili nella state, porge un esempio di siffatte mutazioni periodiche di aspetto esteriore; ma più di essa ancora le *prairies* e le *savane* (1) dell'America Settentrionale, i *llanos* dell'Orenoco, i *pampas* della Plata.

Col nome di *prairies* o di *plains* nell'America Settentrionale s'intende in genere ogni contrada aperta o piana affatto o solo leggermente ondulata, *rolling*, come dicono i Yanchees, quasi sprovvista d'alberi, ma coperta di una fitta vegetazione erbacea. Il nome di prairies si deve ai primi coloni francesi del bacino del Mississippì, come quello di *savane*, che si adopera per pianure a quelle analoghe, ma nelle parti più meridionali della stessa regione, si deve agli spagnuoli e pare derivi dalla parola *sàvana* o *sàbana*, lenzuolo o tovaglia. Anche qui la terra vegetale, di uno spessore sorprendente, tale che in qualche punto arriva agli 8^m, alimenta una folta flora erbacea nella quale domina la *sesleria dactyloides* o la cosìdetta *erba dei bisonti*, da questi ricercatissima. Nei *bottoms*, cioè nelle ampie depressioni fluviali, non manca una certa quantità di alberi: salici, acacie, noci e poche altre specie; ma negli *uplands*, od alture, la sesleria e i cactus nani, e più a ponente verso le montagne Rocciose, le artemisie, gli assenzi, il senesio o l'erba del fuoco, dànno la loro speciale impronta al paesaggio. Il quale perciò varia colle vicissitudini climatiche. La prateria brilla splendida di una ricchissima fioritura nell'aprile e nel maggio, l'epoca delle pioggie; scompare o si ristringe alle valli irrigate col cessar di quelle nel giugno, e il piano si tramuta in una landa arsa e desolata, dove a mala pena le radici e gli steli più bassi delle piante son protetti dalle foglie secche che li coprono e che ri-

(1) Nello stesso o in un significato non molto diverso, si adoperano i vocaboli: *nefud* in Arabia, — *sahara*, *sahel*, nell'Africa, — *barca* nella Cirenaica, — *arabah* in ebraico, — *gobi* in mongolo, — *camo* in cinese, — *cum*, *chir* e *giaban* in turco, — *maidin* in tibetano, — *tachir* in turcomanno. E non ne differiscono molto nè i *parameras* della Spagna, nè i *despoblados* delle Ande, nè i *carru* del Calahari, nè i *crau* dell'Albania.

(1) Il nome di *savane* in senso di praterie è adoperato anche nell'America meridion. CREVAUX. *Esplorazioni nelle Guiane*, in *Cosmos* di G. CORA. 1878-79, pag. 13.

Digitized by Google

vestono di uniforme mantello rossastro tutto l'orizzonte. All'autunno, col ritorno delle pioggie, la vegetazione, anzi una nuova fioritura ricompare (1). La precipitazione acquea poi, qui, come altrove, ha una relazione strettissima colla vegetazione arborea. I due fatti si accompagnano costantemente, in modo che l'albero dirada o cessa a mano a mano che si procede da levante a ponente, e per ritrovarlo di nuovo è necessario salire a forti altezze sui pendii delle montagne Rocciose. Ecco quindi qual'è il procedimento della pioggia camminando da O. ad E. quasi sullo stesso parallelo.

	Lat. N.	Long. O. da Greenwich	Piog. an in mill.
Huntsville (Tenessee)	36°26′	84°29′	1394
Memfi (id.) sul Mississippi	35 8	90 0	1155
Fort Smith sull'Arkansas	35 24	94 25	1041
Fort Gibson	35 50	95 15	871
Fort Union (N° Messico)	35 54	104 57	461(2)

« Al pari della maggior parte del Sahára » avverte l'Humboldt (3) « i llanos si stendono nella zona torrida. Pertanto due volte all'anno, a periodi eguali, il loro aspetto si muta; ora si stendono aridi come i sabbiosi deserti libici, ora splendidi per verde mantello come le steppe turaniche ». Tranne qualche rara macchia di *maurizie*, palme a ventaglio, il vero llano, è rivestito da vegetazione erbacea, sia costituita dai cactus e dalla ingrata *gamelote*, sia da varie graminacee, da *panicum*, da *kyllingie*, da *paspali*, che assieme a qualche *mimosa*, ne rendono gli *esteros*, cioè i pascoli, graditissimi alle mandre e ai pastori, i cosiddetti *llaneros*. Ma nella stagione asciutta, un sole implacabile dissecca, carbonizza le piante, fende il suolo riarso ed argilloso e lo polverizza. Il vento fa il resto; e il deserto si stende sulla pianura, in tutto somigliante a quelli del continente orientale, anche in quei *medanos* o dune mobili di polvere, che qui corrispondono agli *'erg* del Sahára, ai *barrhana* del rosso deserto turcomanno. Più tardi, nel dicembre, l'azzurro del cielo si fa meno cupo, l'uragano riporta la pioggia, e con essa il suolo inumidito cessa di espandersi in polvere; in pochi giorni si ridesta la vita vegetale e animale, e il piano bruno e giallastro si ricopre di verdura. Ma la pioggia persiste: i fiumi traboccano, i bacini dell'Arauca, dell'Apure, del Pajara si cangiano in vaste lagune palustri, dove gavazzano il cocodrillo e il gimnoto e il triste caribo, dove galleggiano l'erbe acquatiche, nate e cresciute in poche settimane, e d'onde la decomposizione degli abbondanti prodotti organici emette miasmi mortali. Questo specialmente nelle bassure: le *mesas* o gradinate che ricingono all'ingiro i veri llanos, non sono sprovviste affatto di una vegetazione arbustacea, e del pari si sottraggono alle innondazioni; ma non alle altre vicende accennate.

(1) Bigelow, *Gli Stati Uniti nel* 1863, Milano, Corona e Caimi, 1863, pag. 203 e seg., 322, ecc.

(2) Peschel, *Neue Probleme*, pag. 183. Alcuni numeri del Peschel furono da noi corretti secondo le più recenti notizie.

(3) *Tableaux de la nat.*, pag. 20. *Llano*, in spagnuolo corrisponde senz'altro a *piano*.

La pampa argentina, alternata di prati e di paludi salate ed alcaline, è forse la più vasta zona senz'alberi che si stenda nel senso dei meridiani, limitata com'è soltanto dalla regione della palma e del carrubo, i *palmares* e gli *algarrobales* del Brasile e del gran Ciacco a nord, ed alle foreste alpine di faggi betuloidi della Patagonia, a sud. Qui pure si nota il deciso predominio delle piante erbacee, gramigne, stipe, meliche, solani e consimili, ed arbustacee, mimose, ginestre, cardi e consimili, e qui pure si rileva la solita alternativa prodotta dall'avvicendarsi delle stagioni piovose ed asciutte. È di consueto, ma non sempre, solamente intorno le *estancias* o ai *ranchos*, che si notano degli alberi elevati, tra i quali primissimo l'*ombù (phytolacca dioica)*, il cosidetto *faro della pampa*. Per comprendere quale sia l'uniforme andadamento del suolo, basti sapere che la ferrovia da Rosario a Cordova lunga 397 chilom., consta di due soli rettifili e richiedette così scarso lavoro di riduzione, che il suo costo non ammontò in media oltre a 63000 lire al chilometro, almeno 4 o 5 volte meno di quanto costano le più facili ferrovie italiane (1).

Colla zona della pampa, costituita da terreni argillosi arenacei, a tinta oscura, ricchi di stagni, rivestiti di humus e di erbe, contrastano le *mesas* o *mesetas* patagoniche, sabbiose e ghiaiose, sterili, biancastre, coperte di poe, di stipe, di seneci e disseminate qua e là di rare verbene, di berberi e di poche altre piante arbustacee, che vegetano più frequenti nei barranchi incassati o nelle depressioni meglio fornite di umori.

(1) Lovisato, *Da Buenos Aires alle Sierre di Cordova*, in *Boll. Soc. geogr. it.*, 1883. pag. 911; — *Una escursione geol. nella Patagonia e nella Terra del Fuoco*, id. pag. 436; — Spegazzini, *Relazione botanica (Spedizione antartica italiana)*, id., pag. 120 e seg.

Digitized by Google

La moltiplicità delle specie vegetali e precipuamente arboree caratterizza un'altra serie di pianure: le foreste. Tranne che nelle zone affatto circumpolari, o nelle supreme regioni alpine, la foresta non conosce limiti nella sua diffusione: stende le sue fitte colonne di larici o di pini (larix daurica, larix sibirica, pinus picea, cembra, ecc.) nella zona mediana della Siberia a sud del 70° di latitudine, la cosiddetta *taiga* (1), come ricinge di conifere tutto il bassopiano artico dell'America, o copre di carrubi il gran Ciacco, o finalmente riveste di un manto fittissimo ed impenetrabile di *silvas* e di *bosques* il vasto bacino equatoriale delle Amazzoni e dei suoi tributari. È in quest'ultima regione che il tipo di tali pianure si presenta più spiccato e caratteristico che mai altrove, e per giunta che si manifesta la massima esuberanza di vita vegetale che abbia luogo in natura. È là dove, immerse le radici nel più fertile terriccio organico che si possa imaginare, alberi giganteschi, elevati le dozzine di metri, confondono assieme la fitta chioma, esponendola ai raggi vitali e ardenti del sole equatoriale, mentre sulla loro corteccia vivono a centinaia le specie parasite e intorno ai loro tronchi s'attortigliano le più svariate famiglie di rampicanti: leguminose, guttifere, bignoniacee, orticacee, tratte esse stesse a sollevarsi da un prepotente bisogno di aria e di luce. Onde un intreccio strano di steli, di corteccie, di rami, di foglie, di filamenti, di liane cordiformi, di festoni, di aculei lunghi e pungenti, sovrastanti ad un suolo nero, lubrico, carico di umidità, anzi, nelle bassure, addirittura coperto di acqua fracida e melmosa, o tappezzato di muschi infiniti, il tutto immerso in un'atmosfera carica di vapori acquei, di gas carbonico e di emanazioni miasmatiche e mefitiche d'ogni fatta. La fauna non vi è meno ricca della flora; ma presentando non radi i rettili, velenosi o no, spesso cospira colla fittezza della foresta, colle piante spinose e venefiche, coi miasmi mortali, a respingerne l'uomo.

E un'altra serie di pianure è del pari caratterizzata dal regime idrografico del suolo, che favorisce il predominio di piante acquatiche e palustri, di crittogame e di specie consimili, e la formazione di terreni torbosi. Tali distese appariscono di carattere svariatissimo a seconda delle latitudini e dei climi:

(1) RECLUS, *Géogr. nouv.*, VI, 616.

maremme, in Italia, *tundras* in Siberia, *gengle* e *giungle* (*glaglha* a Giava) nelle regioni tropicali. Anzi forse è a questa categoria che si possono ascrivere molte parti delle *lande* della Guascogna, delle *campine* del Belgio, dei *mors*, *morast* e dei *veen* (presso Aquisgrana) della Olanda e della bassa Germania, dei *cernosiom* o *terre nere* della Russia meridionale, della stessa *puszta*, per quanto tali regioni siano state modificate e migliorate dalla mano dell'uomo.

La *tundra* (1) o *tuntur*, come la chiamano i Finni, occupa vastissimi tratti lungo i bacini inferiori dei fiumi siberiani e russi, cioè lungo tutta quella zona nella quale il congelamento delle correnti, dirette a settentrione, avviene prima nelle parti più basse che non nelle più elevate, d'onde periodiche inondazioni, che allagano enormi distese di terreno, mutate a lor volta facilmente in campi di ghiaccio. Anche durante i disgeli superficiali, a un mezzo metro di profondità, il terreno è gelato e quindi impermeabile all'acqua piovana, che vi stagna e che vi genera una specie di cotica torbosa, ricca di sfagno, ricoperta di muschi e di licheni, spugnosa, mobile, ondeggiante, capace talvolta di trattenere nel suo grembo l'incauto che vi si avventura. Da ottobre a maggio essa è naturalmente un monotono e triste lenzuolo di neve; nell'estate si muta in una prateria giallastra, se vi domina il *polytrichum*, biancastra, se la vittoria nella lotta per l'esistenza è riportata dal muschio della renna; in ogni caso, sempre e dovunque, monotona e desolata. È solo qua e là, in certe regioni più elevate, che si notano altre piante dalle crittogame, e che qualche larico disperso o qualche *betula nana*, qualche *vaccinium* e qualche *carex*, assieme a poche e basse iurte (capanne o tende) samoiede, rallegrano e riposano l'occhio stanco (e pare paradosso) dal non riscontrare oggetto qualsiasi dove posarsi nell'uniforme orizzonte.

La *gengla* o *giungla* (2) regione boscosa e palustre, ricca di piante svariatissime, che sorgono si può dire nell'acqua e dall'acqua, rammenta di leggieri la *silva* dell'Amazzone, quantunque generalmente più di essa irrigata e paludosa. Essa ama la zona tropica sia nel Guatemala e a Nicaragua, o lungo le sponde e nel

(1) HUMBOLDT. *Tableaux*, ecc., pag. 20 e 95; — SOMMIER, *Cenni intorno ad un viaggio alle foci dell'Ob*, in *Boll. della Soc. geogr. it.*, 1881, pag. 351 e seg.; — RECLUS. *Géogr. nouv. univ.*, VI, pag. 615.

(2) La *giangala* del sanscrito.

Digitized by Google

delta del Senegal o del Gange o del Menam, o nelle grandi isole della Sonda, e dovunque è funesta per miasmi, tanto che la *febbre della giungla* è ben più micidiale della pur terribile febbre malarica delle coste tirreniche. Nei delta o lungo le spiaggie specialmente degli estuari, la giungla, come la maremma, riceve una particolare impronta e forse ripete il suo carattere miasmatico dalla mescolanza delle acque dolci colle salse, come avviene specialmente nel Sanderban gangetico; ma essa non manca anche a distanza dal mare e dai fiumi. Bell'esempio di una zona consecutiva di giungle interne allineate, è fornita dal *terai*, o *tarai*, o *turi* indiano (il *tarijani* del sanscrito) che parallelamente alle falde dell'Imálaia per una lunghezza di forse 700 chilometri con una larghezza di 80 o di 100 chilom. traversa il bacino di sinistra del Gange. Il *morong* o *paese umido*, che così si chiama anche siffatta zona, succede alla regione permeabile delle sabbie e delle ghiaie, cioè al *bhaver* o *bhabhar* o *giari*, coperto di salici e sotto il quale le acque che scolano dall'Imàlaia, si sprofondano fino all'inferiore strato argilloso. Laddove il talus di *bhaver* cessa, comincia la zona sorgentifera e acquitrinosa, ricca di palme, di giuncheti, di calami, di rosacee, di bambù, di piante rampicanti, stanza di animali feroci e di rettili velenosi, fomite e sede essa pure del terribile *aual* o febbre malarica, spesso micidiale agl'inglesi, che traversano frettolosi la triste regione per accorrere a rinvigorirsi negli elevati sanitari dell'Imàlaia.

E adesso a queste varie forme di pianure, la cui fisonomia caratteristica esteriore e in parte anche la morfologia risultano in modo notevole dal mantello di vegetazione che le ricopre, forse sarebbero da aggiungere quelle, la speciale impronta delle quali proviene dalla mano dell'uomo, certamente fattore non trascurabile di modificazioni geografiche. Ed esse stesse si designerebbero colla veste vegetale, uniforme e ridotta di solito a poche specie utili all'uomo, onde la steppa e talvolta il deserto, la landa, il moor, la pampa, la savanna, la palude, son ridotte in fertili prati, in campi profondamente solcati dal vomere, in giardini, in frutteti, in polders, in marcite, in risaie; spettacolo nuovo e sempre confortante; ma il cui valore economico e sociale fa sovente dimenticare quello ch'esso può avere come fatto geografico. Nè noi ci tratteremo adesso a farlo rilevare. Ci resta alquanto a dire di un altro ed importante soggetto spettante alla morfologia verticale del globo.

6. E precisamente, prima di chiudere, dovremmo occuparci alquanto più che non abbiam fatto sinora di quell'accidente geografico che si chiama la montagna.

Qui, fin dal primo istante, ci si para dinanzi una grave difficoltà. Se, discorrendo delle pianure alte o basse ch'esse fossero, dovemmo procedere quasi continuamente col glossario alla mano, adesso noi non ci troviamo in un campo meno aspro, e confuso. Pare che la natura del fatto morfologico così accidentato, vario e molteplice, si riproduca nella confusione delle forme linguistiche, con cui viene rappresentato.

La stessa parola *monte* o *montagna* (1) ha un

(1) Alla idea che gl'Italiani esprimono colla parola *monte* o *montagna*, corrispondono in varie lingue i seguenti vocaboli: *tur* in aramaico. — *ár* e *ghibeon* in ebraico. — *ghiri* ed *upa* (Burnouf) in sanscrito, — *gairi* in zend, — *gora, goria, hora, pohori, pogorie, copec* (boemo) nelle varie lingue slave, — *ghirrè* (altura boscosa) e *càlnas* e *percunas* (montagna) in lituano (Shafarik, *Slav. Alterth.*, Parte 1.ª, pag. 489 e 2.ª, pag. 607), — *ocre* in umbro (Festo), — *oros* in greco antico e anche oggi per *montagna*, e *vuno* o *buno* in greco moderno, — *péhár, tipu, tipri* in indostanico, — *betta, bunga, dhar, dar, dàuda, dunga, canta, conda* e *mallay* nelle varie lingue e dialetti del Decan e dell'India meridionale, — *cauf* in persiano antico, *cuh* in persiano moderno. — *cóf* in pehlevi, — *mas* nella lingua dei Brahui, tra l'Indo e la Persia (F. Finzi, in *Boll. Soc. geogr. ital.*, Anno 1870, Fasc. 5°, p.° 2.°, pag. 146), — *ben* in iscozzese. *penn* gallese e britannico, — *cenn* e *slieve ben* in irlandese (Zeus, *Grammat. celtica*, Lipsia, 1853. pag. V), — *menit* in cornovagliese (id. *Vocabularium cornicum*, pag. 13), — *mynid, cruc, runen* (collina) in cambrico, — *mynid, menez*, (monte), *crug, Creach, crechen, rhin, run, reun* (collina) in armoricano (idem), — *pen* in celtico, — *mons* in latino, — *mont* e *montagne* in francese, — *mount* e *mountain* in inglese, — *monte, montana, cerro* e *cumbre* in ispagnuolo, — *montanha* in portoghese, — *deal* e *dealu* in rumeno, — *berg* e *gebirge* in tedesco, — *fairguni* e *bairgahei* in gotico, — *biarg* e *berg* in antico nordico, — *beorh* e *beorg* in anglosassone (Grimm J. e W., *Deutsch. Wörterb.*, Leipzig, Hirzel, 1854, alla par. *Berg*), — *berg* in olandese, — *bjerg* e *field* in danese, — *berg* e *fäll* in svedese e norvega, — *nunatac*, per cime di monti che s'inalzano sopra le nevi, in groenlandese (Irminger, *Spediz. Nordenskiöld in Groenlandia*, 1883, in « *Cosmos* » di G. Cora, 1884, pag. 15) — *vara* in Lappone (Negri, *Viaggio Settentrionale*, Bologna, 1883, pag. 12), — *gebel* in arabo, — *giobal* in lingua denca, (G. Beltrame, *Grammatica della lingua denca*, in *Boll. della Soc. geogr. ital.*, vol. II), — *belbisci, bell* nelle lingue del Bertet (Marno Ernst, *Reisen in Iloch-Sennaar*, in *Peterm. Mittheil.*, 1872). — *dull* nella lingua *fundc*, — *tull* nella lingua galla, — *chilla* nel dialetto del Sennaar inferiore (Marno, id.), — *chilima* nella regione dei laghi niliaci, — *cong* in mandingo, — *chopi* in Accà (*Vocabol. italiano-accà* in *Boll. Soc. geogr. ital.*, Anno 1877, pag. 128), — *caga* nel Wadai (Nagtigal, Lettere, in *Peterm. Mittheil.*, 1874, 25 giugno), — *debr, debra* e *ambet* in abissino (Munzinger, *Die nördl. Fortsetz. der Abessinischen Hochlande* in *Peterm. Mittheil.*, 1872; pag. 202), — *atrar* in berbero, — *tau, daj* o *tag, tepe, balcan* (catena), *bair* (collina) in turco, — *hegy, hegyse* (montagna), *törcs* in ungherese, — *ruori* e *vaara* in finnico, — *pae* in samoiedo (Stieler), — *grebni* o *sopchi* in camaddalo (Humboldt). — *san, jông*.

Digitized by Google

valore diverso in località diverse di uno stesso paese. In Italia, dai geografi, non sempre concordi nella misura, con quel primo tuttavia si designa un'aspra e notevole protuberanza del suolo; ma nei varî dialetti talvolta significa non altro che *varco alpino*, tal'altra *pascolo* o *cascina* elevata (1), e in significato non molto diverso adoperasi la parola *alpe*, come l'analogo *albe* od *olbe* dei Tedeschi, cioè più spesso si usa per pascolo o per cascina che non per vetta, quantunque talvolta anche in questo significato. In Ispagna e nell'America Meridionale *monte* si adopera per *bosco* (2) e al di là dell'Atlantico addirittura per *piantagione* (3), e d'altro canto la parola tedesca *wald*, bosco, si usa, com'è noto, spessissimo per catena o per sistema di montagne.

Le parole *monte* e *montagna*, *mont* e *montagne*, *mount* e *mountaine*, *berg* e *gebirge*, *gora* e *pogorje* (slavo), non hanno ben definito il loro significato, tranne forse in questo che il vocabolo *monte*, e gli analoghi delle lingue straniere, accennano più ad una individualità orografica, mentre con *montagna* si allude più ad una massa complessa, ed anche sovente, specie nell'uso volgare, addirittura a *paese montagnoso*, la *serrania* degli spagnuoli.

Il vocabolo *monte* è mal definito altresì per quanto riguarda la idea speciale che di consueto rappresenta, cioè una prominenza rapida del suolo. In tal caso gli sono sinonimi i vocaboli di *colle* (1), *collina*, *poggio*, *balza* e consimili nella nostra lingua; di *colline;* di *colina* o di *loma ;* di *hill;* di *bühel*, *hügel*, di *ecke*, di *höhe* (2); di *hrib*, o di *breg*, di *pagórec*, di *halom*; nel francese, nello spagnuolo, nell'inglese, nello sloveno, nel polacco e nell'ungherese. Ma, nell'uso, nulla dice dove conviene di adoperare la parola *colle*, dove quella di *monte*. Specialmente nei paesi di pianura o nelle città, tutte le elevazioni del suolo assumono nome di monte. Già il Ritter, e dopo di lui il Sonklar, il Réclus e tanti altri geografi avvertirono alla diffusione di siffatta consuetudine. Gli Juti chiamano *Himminbjerg*, nientemeno che *monte del cielo*, cioè tale quale dell'eccelso Tian-šan, un poggio dei dintorni di Scanderborg, elevato appena 157^{m}; i berlinesi parlano con orgoglio del loro Kreuzberg, il *monte della croce*, alto 60^{m} sul mare e forse 25 sul piano della campagna; come gli abitanti di Königsberg vantano il loro *Paradiso* o la loro *Svizzera prussiana*, di cui le vette maggiori non s'alzano di 200^{m} sui sottostanti cordoni litorali, come ancora a Parigi chiamano *mont Valerien* una collina alta 168^{m} sul mare, e *montagne* quella di Santa Genevieffa alta appena 65^{m}, e finalmente a Roma si parla sempre del *settimonzio*, nel quale la cima più elevata, il *monte* Mario, è ancora alta solamente 146^{m} sul mare, e si chiama pur *monte* il Testaccio, un cumulo formato di cocci, rotti e ammassati da forse cento generazioni consecutive sì, ma non elevato più di 50^{m} sul mare, nè più di 35 sul piano circostante.

D'altra parte non sono rare le elevazioni notevoli e molto maggiori delle precedenti, che hanno acquisito il nome di *colli* e di *colline*. Così, mentre nell'uso comune locale, si preferisce chiamarli *monti*, i geografi amano meglio chiamar *colli* gli Euganei, alti in media da 3 a 400^{m} e spinti anche a 604^{m} col Venda; così si chiama col nome di *colline slovene*, *Windischen Büheln*, la catena alta 7 od 800^{m},

riong, *ac* in coreese (Satow, *Korea o. Tscho-sen der Japaner*, ecc., in *Peterm. Mittheil.*, 1883, Taf. 10), — *uld*, *serge* (Kucu-noor) in mongolo, — *alin* in manciù, — *crebet* (catena), *tau* (monte) in chirghiso, — *san* (montagna), *ling* (monte) in cinese (Petermanns, *Mittheil.*, 1873, pag. 260), — *san* in siamese, — *jama* in giapponese, — *tarac* (catena) nel Cocan (Fedschenko, *Reise in Kokan*, Peterm. *Mittheil.*, 1872, pag. 161), — *gunang*, *gunong* e *buchit*, *doloc* in malese, a Sumatra, a Giava, nelle Molucche (Humboldt, Beccari, in *Boll. Soc. geogr. it.*, vol. I, Bernstein, *Reisen in den nord. Molukken*, Peterm. *Mittheil.*, 1873, pag. 209), — *maua* o *mauna* in havaiano (Meinicke, *Der Gebirgsbau der gruppe Hawai*, in Peterm. *Mittheil.*, 1874), — *tepetl* in Azteco nel Messico (Humboldt). — *urca* in quichua, — *ipponi* in rucuienno (indiani della Guiana) (Crevaux, *Da Cajenna alle Ande* in *Cosmos* di G. Cora, 1878-79, pag. 368). — *sciton* (roccia), *mongo* (montagna) in *bono* (id.) (Crevaux, *Esploraz. nelle Guiane*, id. ib., pag. 12), — *tojavist* in comancio. Da Marinelli. *Nomi propri orografici*, Udine, Jacob e Colmegna, 1872, pag. 15; e da nostri studi inediti. I nomi che nella nota precedente non portano indicazione di fonte sono tolti o da speciali glossarî, o da opere geografiche, come quelle del Klöden, del Reclus, dell'Humboldt, del Kiepert, del Peschel, ecc. Si rammenta però che l'opera magistrale in fatto di onomatologia geografica è quella del prof. Egli (di Zurigo), *Nomina geographica*, Lipsia, 1870-72. Quanto a bibliografia dell'istesso soggetto vedi lo stesso Egli in *Geogr. Jahrb. von* Behm, 1882, pag. 375, e in *Zeitschr. für wiss. Erdkunde*, Anno IV, 1883, pag. 53 e 112.

(1) Cioè come sinonimo delle parole *meira*, *muanda*, *baita* o *maita*, *grangia*, *casera*, *cason*, *malga*, *tàmaro*, *stavolo* e simili, che si usano nelle montagne italiane.

(2) Con una certa analogia col modo con cui i greci adoperavano la parola *oros*, monte, per *altura boscosa* e con quello con cui in tale stesso senso usano il *hora* gli Slovachi dell'Ungheria e il *ghirrè* i Lituani, tutte parole che si richiamano alla medesima radicale. Cnfr. Schafarik, *Slawische Alterthümer*, *deutsch von Mosich von Ahrenfeld*, Leipzig. 1844, I, 489.

(3) Cnfr. i celebri *monti del Cacao* per *piantagioni di cacao*, ricordati dall'Humboldt (*Tabl.* p. 190).

(1) In senso generale italiano, non già nel senso bastardo di *varco*, col quale pur troppo si è voluto naturalizzare il vocabolo *col*, adoperato nelle Alpi Occidentali, ingenerando un funesto equivoco.

(2) Svedese *höjd*, *bache*, *kutle;* olandese *hoi*.

Digitized by Google

che corre fra il Mur e il Dravo presso Marburg ; così nel Veneto orientale il nome di colle (Col Nudo, Coll'Alto, Col Gentile nelle alpi e prealpi Carniche), designa vette elevate 1500, 2000, 2200 e più metri sul mare.

Anche in questo caso succede quanto osservammo a riguardo della distinzione tra bassopiani ed altopiani: la impressione dell'osservatore, i raffronti cogli oggetti circostanti, l'uso, s' impongono, e mettono in seconda linea tutte le classificazioni tentate dal geografo, e ch'esso medesimo è costretto sovente a violare. Accettabile è forse la definizione che pel *colle* (hügel) e per il *monte* (berg) fissa il Sonklar, che tutti due giudica come « rilievi del suolo poco estesi, e poco o nulla ramificati, o isolati affatto o segregati da altre masse montuose mediante profonde incassature che li costituiscono come ammassi fisicamente individuati »; ma convenzionale è la loro distinzione basata semplicemente sull'altitudine, quasicchè si debba usare la voce colle o la voce monte a seconda che la prominenza a cui essa si riferisce si elevi meno o più di 600 piedi parig. (circa 190^{m}) sulla pianura o sulla vallata circostante.

Qui pure, se si dovesse accettare un limite costante, seguendo il criterio delle dimensioni, noi propenderemmo a preferire quello dei più elevati edifici umani; e in ogni modo forse dovremmo dare maggiore importanza alla forma e al carattere, che nel monte ricorrono più presto aspri, arditi, e rocciosi, mentre nel colle si pensa trovarli più dolci, ondulati e coperti di vegetazione. Alle colline moreniche, così diffuse alle falde delle alpi dalla valle del Tagliamento a quella della Dora Baltea, anche se elevate in qualche punto più di 200 e più di 250^{m} sul mare, nessuno pensa di attribuire il nome di monti; un ammasso roccioso che s'alzi diritto per 50^{m}, strappa il nome di monte di bocca al geografo più rispettoso della nomenclatura scolastica.

Alla parola *montagna* (gebirge) il Sonklar (1), dietro le orme del Ritter, assegna il significato di « un rilievo complesso e ramificato di ragguardevole estensione e di notevole altitudine, nel quale si possa distinguere una linea di vetta e di spartiacque e le cui parti nel loro plastico complesso e nel loro assetto geologico sieno ben collegate tra loro ».

Il Dupaigne (2) invece considera le montagne sotto un aspetto diverso, quando le definisce, « grandi rilievi del suolo, le cui parti più elevate si spingono ad un'altezza bastante per presentare un clima diverso, una vegetazione diversa dalle parti più basse ».

Quegli, senza segnare limiti precisi e definiti di estensione e di altitudine, pensa che si debba già chiamare montagna una massa estesa per la lunghezza di 15 o 20 chilometri (2 o 3 miglia tedesche) ed alta da 2 a 300^{m} (700-1000 piedi); — questi giudica *piccole montagne* quelle comprese da 6 o 700 a 1300 o 1400^{m}, e quindi generalmente imboscate; *medie* quelle che superano tal limite arrivando fino ai 2600 o 2700^{m} e le cui spalle son rivestite piuttosto da macchie e da pascoli, che da foreste; *grandi montagne* finalmente quelle che, superando tal limite, entrano nella zona delle nevi perpetue.

Non v'ha dubbio che la definizione del Dupaigne, oltre che essere presa da un punto di vista esclusivo, come criterio fondamentale, è difettosa, perchè può valere tutto al più per le regioni della media Europa, dove le foreste generalmente cessano a 1800^{m} e le nevi appaiono perpetue intorno alla medesima altitudine. Ma la distinzione cessa di valere non solo se noi varchiamo i limiti della nostra parte di mondo per considerare le eccelse masse montagnose dell'Imálaia o delle Ande, dove il *cedrus deodar* o gli *ontani* (*alnus ferruginea*) s'inselvano fitti a 3000 e a 3500^{m} d'altezza; ma non vale nemmeno in Europa, dove l'Etna spinge la sua testa sgombra da nevi e da ghiacci oltre i 3300^{m}, mentre i campi di neve degli altopiani che circondano il Sogne e l' Hardangerfiord nella Norvegia a 60^{0} di latitudine, scendono a 1300 e anche a 1200, anzi perfino a soli 800^{m} sul mare.

E forse anche qui giova non essere decisamente sistematici e procedere con un indirizzo ampio, che abbracci tutti i criterî, contemperandoli l'un l'altro (1). Ond'è che mentre accettiamo in genere la definizione del Sonklar, non rifuggiamo dal ritenere importante

(1) *Allgem. Orogr.*, pag. 47.
(2) *Les montagnes*, pag. 33.

(1) Ci sembra restrittiva anche questa definizione del Sydow (*Grundriss*, pag. 94) « Una montagna (gebirge) consiste in un complesso geologico di più monti aventi almeno 300m (1000 piedi) di altezza ». Si distinguono in montagne *basse*, *medie*, *alte* o *gigantesche*, a seconda che stanno sotto ai 650m (2000 piedi) o fra 650 e 1600 (5000 piedi), fra 1600 e 3200 (1000 piedi) o sopra i 3200m.

Il Sonklar pure (pag. 85) avvertendo che la distinzione non va seguita pedantescamente, classifica le montagne in *basse*, cioè alte in media meno di 650m (2000 piedi), *medie* fra 650 e 1250 (2000 e 4000 piedi), *montagne alpine* fra 1250 e 1900 (4000 e 6000 piedi) e finalmente *alte montagne*, alte, sempre in media, più di 1900 metri (oltre 6000 piedi)

Digitized by Google

anche il concetto di una differenziazione tra la collina e la montagna basata sull'aspetto esteriore. Ora, tale aspetto esteriore risulta in buona parte dall'altitudine e dalla maggiore o minore declività dei fianchi, ma è pure in parte determinato dalla natura e dalla distribuzione delle roccie che costituiscono la prominenza che si vuol classificare e che hanno tanta parte nel rivestimento vegetale della medesima. E siccome questi varî fattori alternano e mescolano la loro azione, sicchè non è agevole dar la preferenza all'uno o all'altro, non ci pare conveniente fissare a priori una distinzione basata su quello soltanto dell'altitudine.

È raro che le montagne s'inalzino di repente dal suolo ed isolatamente. Gli è questo quasi sempre il caso di antichi o recenti coni vulcanici, come, per es., si verifica pei colli Euganei nel bacino padano o pei monti Albani (m. Cavo, 949^{m}) a mezzogiorno di Roma. Il più delle volte essi si raccolgono in *gruppi* e in *giogaie* o *catene*. Il *gruppo* (*groupe*, *massif*, *berggruppe*) dà l'idea di un agglomeramento senza ordine definitivo; senza accennare nemmeno se i varî monti che lo compongono presentino eguaglianza di dimensioni, ovvero, e questo succede sovente, si affollino intorno ad uno di essi più cospicuo, dal quale di consueto ricevono il nome. L'Harz in Germania, dove la massa granitica del Brocken s'erge appena a 1140^{m} sul mare, i già citati colli Euganei in Italia, il gruppo che costituisce il cosiddetto Plateau Central in Francia possono fornire qualche esempio della prima specie. Il gruppo del monte Bianco nelle Alpi, la sierra Nevada di Santa Marta nella Columbia (America Meridionale), della seconda.

Ma, salvo forse qualche gruppo montuoso di recente formazione vulcanica, la distribuzione delle montagne è tale da dar sempre origine ad un certo allineamento: onde i nomi di *catena* o *giogaia* (1); *chaine; sierra* (sega) e *cordillera* (spagn.); *range*, *chain* o *ridge* (ingl.); *bergkette, bergkamm*, (ted.); *adrar* (berbero); *balcan* (turco); *san* (cin.), ecc. adottati dalle varie lingue e nell'uso comune e nello scientifico ad indicare l'assieme di più montagne. Nella parola catena c'è l'idea di una dimensione predominante; e diffatti, se si prende a misurare le catene di montagne più note, troveremo, per esempio, che i Vosgi si svolgono per una lunghezza di 200 chilom. per 75 di larghezza, che per i Pirenei i due valori sono rappresentati da 480 e da 115 chilom., per le Alpi finalmente da 1300 chilom. e da larghezze variabili da 150 chilometri, tra il lago di Ginevra e le pianure piemontesi, a 280 chilometri, fra le falde estreme delle Alpi dell'Algovia e quelle dei Lessini nella pianura veneta.

Il succedersi e l'agglomerarsi, spesso vario e bizzarro, di più catene e gruppi e giogaie ha creato la necessità d'introdurre una nuova parola nella morfologia terrestre: quella di *sistema di montagne*, rimasta quasi esclusivamente nel campo scientifico e scolastico, e alla quale non si annette più se non il significato di complesso o di vasto aggruppamento di catene o di gruppi, non già verun valore concernente la costituzione geologica o in genere la natura dell'assieme, come la parola forse comporterebbe.

Vi sono dei sistemi che si stendono longitudinalmente per tratti amplissimi. Ecco per esempio quali si reputano gli sviluppi dei principali fra essi:

	Chilometri
Cordigliere dell'America Meridionale .	8100
» » » Settentrionale	5900
Ural.	4100
Tian-can nell'Asia Centrale	3600
Nanling in Cina	2970
Imálaia.	2820
Cuen-luen e Cul-cun	2600
Sistema Scandinavo.	2370
Gati orientali nel Decan	2220
Junling in Cina	1850
Sistema dell'Elburs nell'Iran. . . .	1780
» » Altai nell'Asia Centrale .	1700
» dei Carpazi	1630
» del Peling in Cina	1480
» dei monti Vindia nell'India .	1480
» » Gati occidentali. . . .	1340
» Alpino	1200
» del Caucaso	1100
» Apenninico.	1100

Naturalmente questi numeri presentano tutti un semplice valore di approssimazione, sopratutto per la difficoltà di segnare dei limiti precisi fra sistema e sistema di montagne. Dove finiscono ad esempio le Alpi e dove comincia l'Apennino da una parte e i monti del sistema balcanico dall'altra (1)? Quali sono le

(1) *Giogaia* si usa soltanto per montagne elevate ed aspre.

(1) La questione dei limiti e delle linee divisorie convenienti alla catena alpina fu molte volte sollevata e di-

Digitized by Google

linee di separazione delle varie catene asiatiche raggruppate intorno al Pamir e al nodo centrale?

Anche qui i criterî divisorî fra catena e catena, fra sistema e sistema sono molteplici. Criterî puramente geografici e morfologici sarebbero quelli di una forte depressione, di una notevole intaccatura o magari di un tratto piano interposti, ovvero ancora quello del cambiamento di direzione nella catena, o quello delle dimensioni e delle forme notevolmente diverse nelle singole montagne; ma il geologo, e non a torto, v' introduce sovente quello della costituzione dei terreni e della loro tectonica; ed altri quelli dell'uso, della storia, e persino dell'etnografia e della politica.

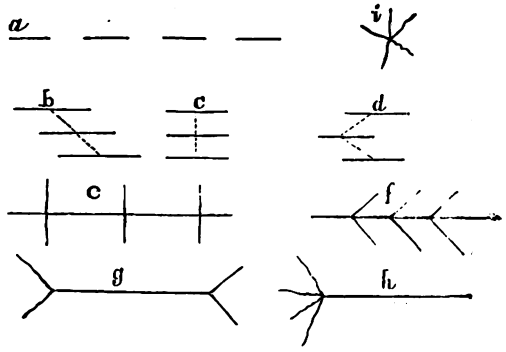


Fig. 210. — Varie forme di aggruppamenti di montagne.

Nelle montagne, nelle catene, e nei sistemi poi si distingue una forma orizzontale e verticale, e quindi alcune linee ed alcuni punti di massimo interesse per chi vuol conoscerne a struttura generale.

Così, osservatele sopra una carta geografica e perciò in projezione orizzontale, esse presentano di consueto l'aspetto di distese allungate o variamente accidentate, costituite (Fig. 210, *a, b, c, d, e, f, g, h, i,*) da una arista centrale, alla quale fan capo, più o meno inclinate, parecchie ramificazioni. Tranne nei rari casi di gruppi a raggi, o di catene parallele di eguale importanza come nel Jura e negli Alleghani; si distingue una *catena principale* dalle *secondarie*, di solito coi varî criterî della lunghezza, della elevazione e della importanza dei bacini fluviali o marittimi, ai quali serve di displuvio. Le catene secondarie, dal punto in cui fan *nodo* colla principale, si spiccano o *trasversali* o *longitudinali* e *parallele* quindi alla principale od *oblique*, a seconda dell'angolo che il loro *asse* fa coll'asse della catena principale, che si considera ad un tempo asse dell'intero sistema. Nelle catene allineate con una certa regolarità, l'*asse* è dato dalla linea ideale che congiunge le due estremità della catena, e da esso non devia molto la *linea di displuvio;* ma sovente avviene che la stessa catena principale muti direzione in modo che, l'asse ne riesce spezzato, ovvero che la retta accennata non abbia nessun valore nel rappresentare l'andamento generale della catena o del sistema. Le catene delle Alpi, degli Appennini, dei Carpazi e specialmente quella che assume il nome di Alpi Transilvaniche, sono tipiche del secondo genere; le catene dei Pirenei e del Caucaso sono tipiche del primo genere.

I sistemi montuosi quindi risultano variamente articolati; minori giogaie trasversali, veri *contrafforti*, s'addossano alla principale o alle catene secondarie; queste a lor volta si dividono in rami più o meno complessi, di cui le ultime *propaggini*, si sperdono di consueto in colline sul piano. Le catene secondarie, che fiancheggiano la principale, *vorgebirge* (letteralmente *promontorî*) dei Tedeschi, in Italia e in Germania si sogliono anche distinguere da quelle con un suffisso al nome proprio del sistema; onde le forme di *voralpen*, di *prealpi* e di *subapennini*, delle quali la prima specialmente, per analogia, può assumere carattere di frase generica.

Ridotta dunque alla figura più semplice, una catena di montagne può considerarsi come formata da due piani inclinati che s'intersechino lungo la linea di vetta. Ma per poco che noi poniamo mente alla linea di vetta di una catena di montagne, dobbiamo modificare quel primo e semplice concetto. Due piani inclinati uno all'altro s'incontrano secondo una linea retta. Invece nelle sommità delle catene regna la massima spezzatura e bizzarria di linee che si possa imaginare, dimodochè la combinazione più rara e difficile è quella di trovare una linea che per un certo tratto meriti il nome di retta. Le forme rotte e frastagliate, le linee ora slanciate al cielo a disegnare dei profili arditissimi, ora improvvi-

battuta da persone autorevolissime, fra le quali il Mojsisovics, il Suess, il Desor, il Sonklar, lo Studer, il Wäber, il Delitsch, lo Steinhauser. Una buona bibliografia del soggetto si trova nel GUTHE-WAGNER, op. cit., vol. II, p. 473 nota. Per quanto riguarda il confine fra Alpi e Apennino, ricordiamo CANEPA P., *Quale sia il limite fra le Alpi e gli Apennini*, Genova, Sambolino, 1878. Quanto a pubblicazioni recentissime v. NEUMANN C., *Die Grenzen der Alpen* in *Zeitschr. des d. ovest. Alpenv.*, 1882., pag. 189-229; — SONKLAR, *Ueber zwei neue Eintheilungen der Alpen*, id., 1883, pag. 413. Sul limite di due fra i sottogruppi Alpini cnfr. MARINELLI, *Alpi Carniche e Giulie* in *Annali dell'Ist. tecn. di Udine*, del 1872.

Digitized by Google

samente abbassate, quasi tacche enormi prodotte da una scure gigantesca, tal altra semplicemente seghettate o merlate, od anche procedenti per curve molli e regolari, sono sovente il prodotto di effetti di prospettiva. Ma, se questa accresce il fenomeno, non lo crea. In realtà le superficie che formano i pendii di una montagna o di una catena, sono costituite a loro volta da una serie complessa di superficie a varia curvatura e a varia pendenza, onde la loro intersezione succede lungo una linea oltremodo accidentata.

Generalmente parlando poi, laddove i pendii sono massimi e le superficie più si avvicinano alla verticale, ivi l'incontro dei piani avverrà più in alto e si avrà una *cima;* nel caso contrario, cioè del minimo pendio, l' intersezione avverrà più in basso, e la linea di vetta ivi calerà a formare una sella.

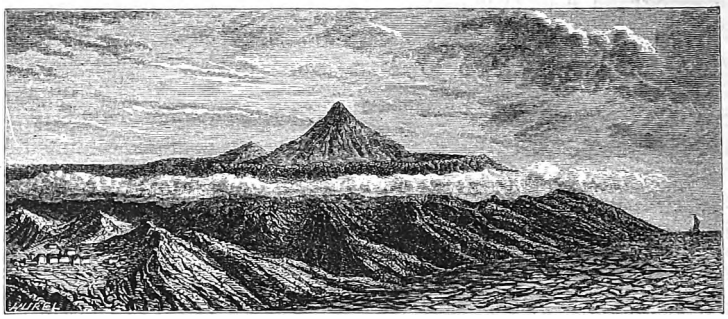


Fig. 211. — Picco di Teneriffa.

Una verità però che si deve quasi sempre ammettere, è che noi esageriamo nel giudizio intorno alla natura del pendio, o del declivio di una montagna o di una catena di montagne. Giudicate da lontano, esse assumono facilmente la sembianza di muraglie o per lo meno di pendii ertissimi, il che è di consueto ben diverso dalla realtà.

Anzitutto qui conviene distinguere fra il pendio di una montagna e quello di una catena o di un sistema. La inclinazione media in tutti e due i casi è data dall' angolo che forma coll'orizzonte una linea condotta dalla base alla sommità della montagna nel primo, e dalla pianura su cui sorge la catena alla sommità della cima più elevata o meglio forse alla media altezza della linea di vetta nel secondo.

Nelle montagne singole noi osserviamo di consueto il fatto che il pendio segue una concavità in basso e una convessità in alto, e più generalmente ancora il fatto che la inclinazione è minima alla base, ed è massima verso la cima. Però la qualifichiamo di *soave* o di *dolce* (1) allorchè la inclinazione non supera i 10° (circa 17 per 100), e di *moderate* quando sta fra i 10 e i 25° (cioè fra il 17 e il 47 per 100), diventa *erta* o *ripida* o *brusca* appena passa tal limite, e assume il nome di *precipizio* e quindi di *parete* o *di muraglia* allorchè supera il pendio di 45°, o del 100 per 100. Senza intendere poi di esprimere una verità geometrica, allorchè l'inclinazione si avvicina di molto alla verticale, è allora che usiamo le frasi di parete *a picco* o *a piombo* o *strapiombante* Tale condizione si avvera di solito per brevi tratti dei fianchi delle montagne e le pareti di 50 o 60^{m} d' altezza son già considerevoli, abbenchè sieno celebri, ad esempio, le pareti di Pfeffer nella Svizzera alte oltre 250^{m}; quelle di Ga-

	Inclinazione in gradi	per cento
Pendio appena sensibile all'occhio	0°10′	0.3
Inclinazione di una ferrovia, su cui i carri scendono da sè soli	0.20	0.6
Massima pendenza della ferrovia del Gottardo	1.30	2.7
Massima pendenza delle strade nazionali in Italia	4.00	7.0
Massima pendenza per carriaggi	14 00	25.0
» » di una superficie di pietra, su cui non si può salire nè scendere con sicurezza	25.00	46.6
Pendenza di una scala, i cui gradini sono larghi il doppio che alti	26.34	50.0
Massima pendenza su cui può salire un mulo carico	29.0	55.0
Pendenza di una ripa quasi inaccessibile senza gradini	37.0	75.0
Massima pendenza di un monte coperto di sabbia soffice o di cenere vulcanica, sul quale si possa salire	42.0	90.0
Pendenza della parte più erta di un cono vulcanico	40-42	80-90
Pendio di un pascolo troppo ripido per le pecore	50	
Pendio affatto inaccessibile	55	
Massima pendenza della ferrovia del Righi	14.0	25.0
» » » » » monte Washington (Stati Uniti)	18½	33.0
Media pendenza della ferrovia funicolare del Vesuvio	25½	47.5
Massima id.	32½	63.3

(1) Onde far comprendere meglio il valore della inclinazione di un piano, ci permettiamo di fare alcuni confronti:

Digitized by Google

varnie e di Héas nei Pirenei alte 422 e 900^{m}, e quelle massime della valle del Bove sull'Etna e del Cervino alte poco meno di 1000^{m} quella, e di 1500^{m} questa.

La pendenza media di una montagna è raro che superi 30°, tranne il caso di coni vulcanici. L'Etna medesimo, ad esempio, presa la sua linea di massimo pendio, cioè quella che congiunge la cima a Riposto (19 chilometri), presenta un'inclinazione appena di circa 10°, cioè del 18 per cento (1), ed è solo lungo i fianchi del cono, ch'essa può raggiungere quella del 60 e del 70 per cento, cioè da 31° a 35° (2).

Quanto al pendio d'intere catene, naturalmente esso riesce rappresentato da numeri estremamente più piccoli. Dalla cima suprema all'ultima falda delle propaggini esteriori, sieno pure le più vicine alla catena centrale, di solito corre una notevole distanza, occupata, come dicemmo, da catene intermedie e minori. Si vuole, per esempio, che uno fra i più forti pendii esistenti in Europa sia quello delle Alpi fra il monte Rosa e le campagne d'Ivrea. Or bene: esso risulta soltanto del 10 per cento, cioè corrispondente appena ad un angolo di 5° 43'. Nell'America Meridionale le Cordigliere e la sierra Nevada di Santa Marta (5000^{m}), presentano delle pendenze medie assai più rilevanti di quella ora accennata. Però di consueto è assai raro che una catena di montagne presenti un pendìo medio superiore a 5°. Il pendìo orientale dei Vosgi, ad esempio, si calcola di 2° e $^{1}/_{2}$, quello, pur molto abrupto, dei Pirenei francesi a 3° 20'.

Del resto è nota la disuguaglianza di pendìo fra i due versanti di una medesima catena di montagne. Il Jura francese scende ripido verso il lago di Neufchatel, mentre inclina dolcemente per una serie di alture decrescenti

(1) Fra la cima dell'Etna e Sant'Anna, villaggio presso a Riposto, Elia de Beaumont trovò un angolo di depressione di 9° $^{1}/_{4}$. V. SILVESTRI, *Un viaggio all'Etna*, Torino, Loescher, 1879, pag. 85.

(2) SILVESTRI, ivi pag. 67.

Si vuole che ad alcune montagne come la Jungfrau e il Rosa si debba attribuire una pendenza da 70 a 75.° Se si prendono alcuni tratti della montagna, ciò si può verificare; ma come media della intera montagna tali pendenze sembrano esagerate. A noi (Marinelli) finora la più forte inclinazione media occorsa è quella del Cimon del Montasio (2396m.), distante in projezione orizzontale meno di 1800m. dal letto del Raccolana (bacino del Tagliamento, Alpi Giulie), presso Saletto (510m). Tale inclinazione media riesce di circa 108 per 100, cioè eguale a circa 47.°

La vetta più elevata del Baldo (2199m) dista dal lago di Garda (67m) circa 4900m in projezione orizzontale, quindi la inclinazione del suo fianco è appena del 47 per 100.

Sino all'altezza di 2000m la Silla di Caracas avrebbe il pendio di 45°; quello del monte Bianco verso l'Allée Blanche non giunge a 45° e quella del picco di Tenerife (Fig. 211) è solamente di 12°30.

verso la Francia; lo stesso dicasi dei Pirenei, il cui versante meridionale è senza confronto più dolce del settentrionale, e delle Alpi, che da elevazioni di 4000 e più metri, scendono ad un tratto alle bassure lombarde, mentre a settentrione degradano lentissimamente.

È stato anzi osservato come nella generalità dei casi, la varia pendenza non sia accidentale; ma si colleghi con altri fatti morfologici terrestri. Così la più forte pendenza di una catena di montagne è sempre quella che prospetta la più forte depressione, spesse volte occupata dal mare, e ciò si verifica tanto per le catene semplici, quanto per quelle più complesse, quanto ancora per semplici serie di alture che costituiscono un piano inclinato qualunque (1).

Agli esempi sopraccennati a conferma di siffatta teoria, altri se ne potrebbero aggiungere: quali quello dell'Apennino ligure, ripido assai più verso il Mediterraneo, che non verso il piano lombardo; quelli del Caucaso (2), dell'Imálaia, delle Ande, delle montagne Rocciose, della Sierra Nevada, delle Alpi Scandinave: tutte catene di montagne assai più pendenti verso le depressioni, sieno il mar Nero, il bacino del Gange, il Pacifico, il Mediterraneo, il mare del Nord, che non dai lati opposti. E gli esempi si potrebbero ancora moltiplicare, per confortare un concetto che ci sembra assai più corretto di quello, secondo il quale nelle catene disposte nella direzione dei paralleli avrebbero il pendìo più ripido rivolto a mezzogiorno. Tante sono le eccezioni a questa regola (Pirenei, monti Cantabrici, Elbrus, Indo-cuc̆, Tian-c̆an, Silla de Caracas, Sierra Nevada di Santa Marta, ecc.), ch'essa casca da sè. Forse più generalmente vera si riscontra invece quella del più forte pendìo verso ponente nelle catene dirette secondo i meridiani. Eccezioni ad essa sarebbero gli Alleghani, le Alpi Australi, gli Urali e i monti Stanovoi, tutte catene più abrupte verso levante.

Quella stessa multiforme varietà di piani ingenera, lo dicemmo, varietà di figure nelle cime e nei passi. Anche in questo soggetto la natura si mostrò inesauribile e assai più ricca di quanto non possa arrivare il pen-

(1) LAPPARENT. pag. 70 e seg

(2) Dal passo di *Maruch* al mar Nero sopra una distanza di 55 chilom. si discende di 1600 metri, il che dà circa il 6 $^{1}/_{2}$ per 100; verso nord invece, per discendere di 3300m, bisogna percorrere un tragitto di 120 chilometri, più che doppio pel primo, il che dà un pendio del 2.7 per cento.

Digitized by Google

nello o la matita a riprodurre, la penna a descrivere. Per quanto, anche in questo come in altri casi di fenomeni naturali, l'osservazione volgare abbia preceduto quella del dotto, e il popolo abbia moltiplicato i vocaboli o creandoli o riducendoli ad esprimere quanto colpiva la imaginazione, e quindi le lingue parlate nei paesi montuosi posseggano numerose espressioni destinate a designare le varie forme di vette, esse son ancor poche davanti al bisogno. Ciò appare non foss'altro dall'uso di una parola generica per indicare tutte le cime, qualsiasi la loro forma, o peggio ancora, dalla circostanza assai comune di adoperare una parola destinata ad una determinata forma di montagna, per indicare una forma affatto diversa.

Così, per esempio, presso quasi tutte le popolazioni ladine, che occupano una parte tanto importante delle Alpi, stendendosi dai Grigioni al Friuli, le parole *grep, grip, cripel, cret, crete, croda, sass, clap,* che significano *rupe,* valgono ad indicare cocuzzolo di montagna rocciosa e quindi cima elevata, e analogamente si sono diffuse le voci *pizzo, pizzuto, spitz, pic, corno,* ecc., che in origine alludevano ad una forma determinata. Così il vocabolo di *tuc, truc* nei Pirenei era originariamente adoperato a designare, se non le vette più elevate (1), certo quelle di forma più ardita e slanciata, ed a pendii più ripidi (Fig. 212). Or bene: gli abitanti delle lande della Guascogna si servono dello stesso vocabolo per indicare le dune sabbiose del litorale Atlantico, dove anzi, una fra esse e veramente notevole, che s'inalza a 80^{m} a pochi chilometri da Arcachon, ha assunto l'appellativo onomatopéico di *truc de la Truque.* Così nelle Alpi Orientali i vocaboli *jôf* (giogo) e di *cuel* o *colina* sono sovente adoperati per indicare vette supreme (per esempio il Jôf del Montasio e i monti Collina e Collians), mentre quelli di *cima, cimon, piz* e *pizzocco,* sono spesso adoperati per cime modestissime e anche per passi. Esempio: Cima Sappada alle sorgenti del Piave.

Tuttavia, specialmente le lingue parlate nei paesi montagnosi, posseggono un numero considerevole di vocaboli destinati a designare le varie sorta di sommità. Solamente ciascuno di essi spetta di consueto piuttosto al dialetto locale, che non alla lingua letteraria, amenochè qualche dotto non l'abbia a poco a poco intromesso nel linguaggio tecnico o scientifico. Così in Italia, oltre i nomi generici di *monte, montagna, monticello, monticolo,* e simili, o quelli di *cima, sasso, roccia, punta, pizzo, dente, ago,* e altri analoghi, che si conoscono da una parte all'altra della penisola, si notano ad esempio: in Friuli i vocaboli significativi di *clap* (sasso, analogamente ai *clapier* e *ciapè* o *cassere* delle Alpi occidentali), *crete, cret,* e *crep* (rupe), *cuel, culine* (colle, collina), *zuc, ciuc, ciugul* (cocuzzolo), *cleve* (ripa), *pale* (cima erbosa), *palon, pic, cuar* (corno), *jôf* (giogo), *cueste* (costa), *pecol* (cima erbosa assai erta), *creste,* e tanti altri che si mutano o si ripetono in *punta, piz, pizzo, sasso, col, dosso, croda, pelv, pala, pera* (pietra) nel Bellunese; in

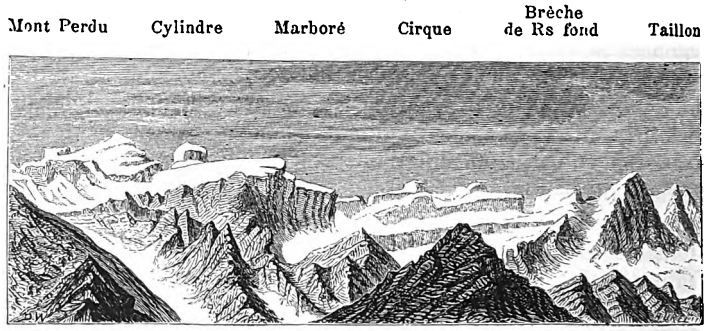


Fig. 212. — Montagne di Gavarnie viste dal picco de Bergons.

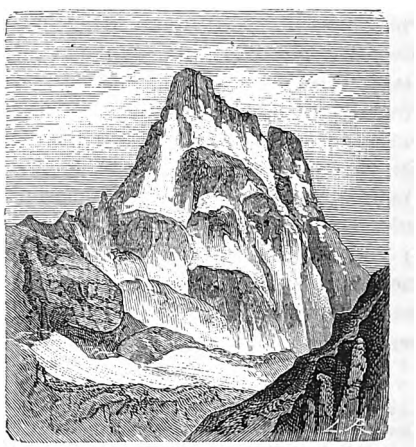


Fig. 213. — Bric del Viso.

(1) Vedi il *tuc* di Marbore nella figura 212.

Digitized by Google

toal, *crepo*, *crap*, *tof*, *grip*, *cripel*, *pedrum*, *cimal*, *mot*, *col*, *dös* nel Trentino e presso i ladini del Tirolo; in *croz*, *crozzon*, *dosson*, *corno* e *piz*, *pallon*, *motta* (1), *cuelm*, *crest*, *bot*, *culena*, *felsa*, *tsaingel*, *spelm* delle Alpi centrali, dall'Adamello ai Grigioni, e finalmente nel *bec*, *becco*, *becca*, *betta*, *rocca*, *rocasson*, *roccia*, *uja*, *cleva*, *cresta*, *serra* (piccola altura), *maita* (2), *amait* (3), *bric*, *brec*, *peyra*, *pera* (pietra), *sea* (sega), *truc*, delle Alpi occidentali (4). Negli Apennini, ai soliti nomi generici è facile vedere aggiunti quelli di *penna* (5), *alpe*, *rocca*, *poggio*, *pania*, *cupola* e *cupolino* nella Toscana, e quelli di *poggio*, *corno*, *pizzo*, *pizzuto*, *cacume*, *serra*, *cozzo*, *toppa*, *tempa*, *tempone*, *murgia*, *coppa*, che si preferiscono nelle parti più meridionali della penisola (6).

È noto che l'Humboldt (7) trovava nei dialetti castigliani una medesima ricchezza di vocaboli esprimenti varie forme di montagne, come quelli di *pico*, *picacho*, *mogote*, *cucurucho*, *espingon*, *loma tendida*, *mesa*, *panecillo*, *farallon*, *tablon*, *pena*, *penon*, *penasco*, *penoleria*, *roca partida*, *laxa*, *cerro*, *sierra*, *serrania*, *cordillera*, *monte*, *montana*, *montanuela*, *cadena de montes*, *los altos*, *malpais*, *reventazon*, *bufa* e consimili, nei quali però ognuno riscontra parecchie forme semplicemente diminutive, ovvero estese a tratti vasti di suolo montuoso, invece che alla semplice montagna.

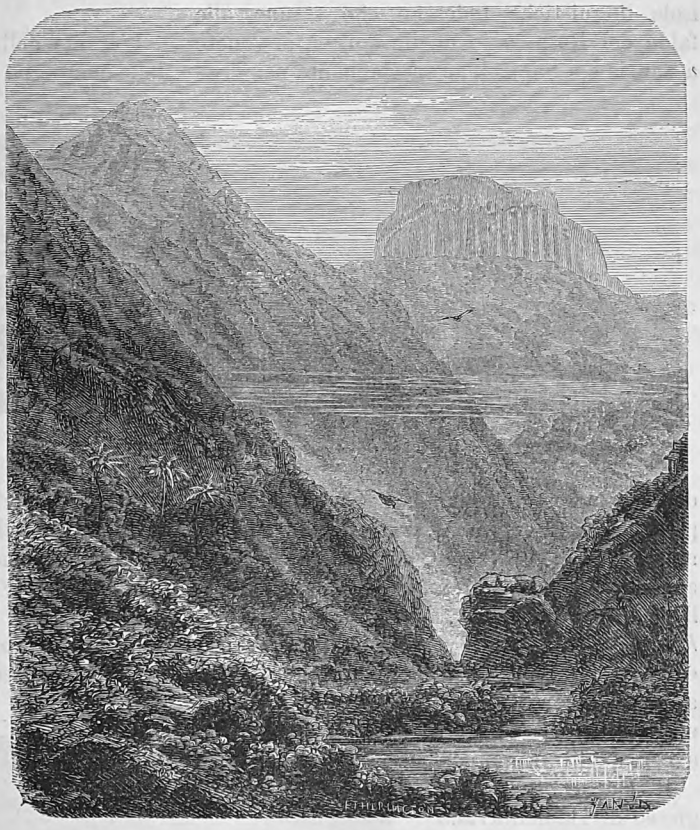


Fig. 214. — Sierra de los Orgaoes (degli organi) presso Rio Janeiro.

Ricca di vocaboli orografici è pure la lingua tedesca. Però la voce fondamentale che corrisponde al nostro monte è *berg* (1), il quale sovente è sostituito da *gipfel*, *spitz*, *spitze*, *horn* (corno), *zahn* (dente), *eke* (punta), *kor*, *kegel* (cono), *kuppe*, *koppe*, *kofel*, *kopf* (testa) tutti quattro destinati a designare cime arrotondate, *kuppel* (cupola), *glocke* (campana), *thurm* (torre), *tafel* (tavola), *zacke* (dente,

(1) Si usa specialmente per collina o monte troncato sulla cima.

(2) Presso al Monviso, specialmente nel senso di pianori successivi con laghetto centrale. Cnfr. *Boll. del Club Alp. ital.*, vol. VI, N. 20, pag. 93.

(3) Alpi di Saluzzo.

(4) Cnfr. MANTELLI e VACCARONE, *Guida alle Alpi occidentali del Piemonte*, Torino, Roux e Favale, 1880.

(5) La parola *pénna* per *monte* o per *cima* potrebbe anche considerarsi come entrata nella lingua letteraria, dopo la cittadinanza concessale dal BUONAROTTI (*La Fiera*)

> Quegli ardita la man sopra la *penna*
> Gitta d'un promontorio, quegli un pezzo
> Busca d'una provincia. . . . . .

(6) E in quella lingua consorella della italiana ch'è la rumena abbiamo: *munte* (anche per alpe), *deal*, *dealu*, *dialu* (monte e montagna), *coasta* (altura in genere), *cacuiu*, *cucniu* e *verfu* (cima), *coline*, *movila* (collina), *stinca*, *peatra* (rupe), *capu*, *culme*, *cornu* (capo, corno), *magura* (altura selvosa), *curmatura*, *jugu*, *pasu* (passo, sella).

(7) *Tableaux*, ecc., pag. 197.

(1) Nel medio alto tedesco *berc*; nel vecchio sassone, moderno olandese e svedese *berg*; in anglosassone *beorch* e *beorgh*; nell'antico nordico *biarg* e *berg* in senso di *sasso*, *rupe*; in danese *bjerg*, in gotico *fairguni* e *bairgahei*, alle quali forme sono molto affini lo slavo *brjeg*, riva, il serbo *brjeg*, collis, ripa, il polacco *brzeg*, il boemo *breh*, il russo *bereg*, tutti e tre nel senso di riva, lo sloveno e croato *vrh*. Cnfr. GRIMM J. *und* W., *Deutsches Wörterbuch*, Leipzig, Hirzel, 1854, alla parola *Berg*.

Digitized by Google

merlo), *hut* (capello), *hügel*, *bühel* (colline), *fels* (rupe) e simili, oltre a quelli di *belchen* e di *culm*, che si adoperano, per esempio, in Alsazia e nelle Alpi svizzere. E maggior copia n risulterebbe, se si compulsassero i glossarî dei dialetti di montagna. Soltanto in quelle isole linguistiche tedesche che stanno alle falde del Rosa, o in quelle delle Alpi venete a Sauris e a Sappada, e specialmente nei Tredici e nei Sette Comuni, noi troviamo diffuse l forme *perg*, *pearg*, *stan*, *stoan* (*stein*, rupe), *steela*, *fels* (rupe), *eke*, *èikele* (collina, collinetta), *spitz*, *spitzele*, *hals*, *helsle* (collina), *horn*, *hörnele*, *kofel*, *kofl*, *kövele*, *koufel*, *kogel*, *puvel*, *pufel*, *rucke*, senza calcolare quelli dei limitrofi dialetti spettanti a ceppo diverso o ladino, o celtico, o veneto, e con quelli frammisti.

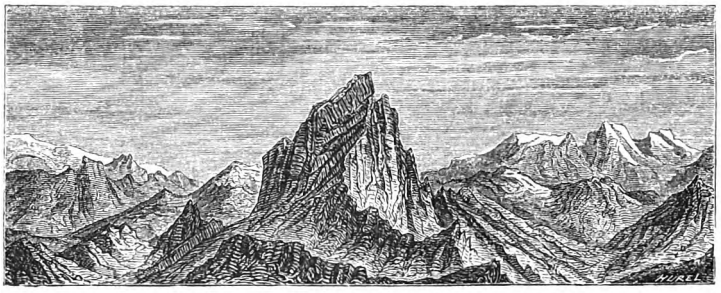


Fig. 215. — Il Pic du Midi d'Ossau, 2885m (Pirenei).

Il Réclus, il Dupaigne ed altri lamentavano la povertà di nomi orografici che si nota nella lingua francese, confrontandola con quelle accennate e la attribuivano alla speciale costituzione della Francia, priva di grandi montagne presso i maggiori centri di cultura e di ita letteraria. Tuttavia anche nei varî dialetti francesi s'incontra una moltitudine di vocaboli riguardanti montagne, oltre ai generici di *mont*, *montagne*, *cime*, *pic* (Fig. 215) e consimili. Così troviamo *bric*, *brec*, *pelve*, *ballon* (confronta col *belchen* tedesco), *tuc*, *truc*, *tuque*, *truque*, *tusse*, *tausse*, *barre*, *dent*, *aiguille*, *caires*, *quairats*, *esquerre*, *queyres* (piramidi squadrate) *taillant*, *tour*, *pène*, *bougn*, *tête*, *soum*, *dôme* (Fig. 216), *tur*, *turon*, *puy*, *puig*, *pey*, *pech*, *puch* (Alvernia), *morne*, *piton*, *motte*, *quille*, *serre*, *serrère*, *sarrat*, *estibère*, *pradère* (cime erbose) e simili senza calcolare le voci ufficiali e topografiche di *tertre*, di *butte* e di *mamélon*.

L'esame delle figure che le cime e le creste delle montagne presentano, non è un capriccio da pittori o da alpinisti, inquantochè realmente esse hanno un'intima colleganza da un lato colla natura geognostica e col modo di stratificazione delle roccie che le costituiscono, dall'altro colle cause di degradazione, alle quali furono sottoposte (1). Tacendo delle notissime forme a *cono*, caratteristiche delle montagne di origine vulcanica (Picco di Teneriffa, Fig. 211), o dei colonnati proprî delle roccie basaltiche, come la catena degli Organi di Rio Janeiro (Fig. 214), la sola figura dei rilievi montuosi rivela anche a distanza una certa serie di roccie e di formazioni. Così, senza uscire dal nostro paese, le roccie granitiche o granitoidi, tanto comuni nelle Alpi occidentali (monte Bianco, monte Rosa), frammezzo la massima varietà di figure, assumono frequentemente l'aspetto di grandi masse, sor-

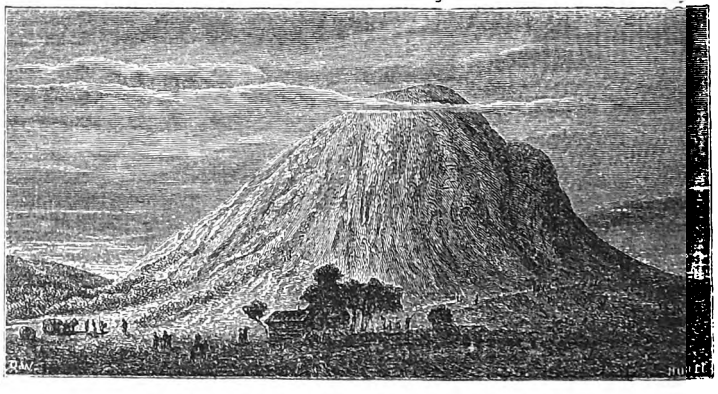


Fig. 216. — Puy de Dôme nei monti dell'Alvernia.

(1) Taramelli. *Dell'aspetto delle montagne come carattere geologico*, in *Boll. del Club alp. ital.*, 1879, p. 123; — Riva-Palazzi G., *Importanza della geologia nello studio militare del terreno*, in *Riv. mil. ital.*, Serie III., vol. XXVIII, T. II, specialmente pag. 394 e seg.

Digitized by Google

montate da aguglie senz' ordine, e da denti assai acuti, sì queste come quelle di forma conica ea pareti ripidissime; mentre le grandi piramidi isolate, e pur talvolta come quelle del Viso (Fig. 213) e del Cervino, arditissime, accennano a roccie scistose. Ancora: son conosciutissime fra gli alpinisti e fra i *touristes* in genere le vette dolomitiche (Marmolada, Antelao, ecc.) così diffuse nel Tirolo e nelle prealpi occidentali, per le loro forme bizzarre a denti, a tavole, ad aguglie, a torrioni, a creste con spigoli acutissimi, con forcelle incassate a luce rettangolare, con pareti a picco, rotte qua e là da frane bianche interminabili; come son note le forme ad altopiano (Steinernes Meer, Carso, Sette Comuni, Cansiglio), nei calcari cretacei o giurassici; le forme tondeggianti e monotone, tanto comuni nelle arenarie terziarie degli Apennini e delle prealpi; le ridenti ondulazioni delle colline moreniche.

Gli è però da avvertire, anzitutto, che sovente è assai difficile descrivere in modo appropriato, le figure che risultano dalla natura dei diversi terreni dei quali la montagna è costituita; indi che la stessa formazione dà origine ad aspetti diversi a seconda di varie circostanze, come sarebbero quelle dell'epoca più o meno recente di loro emersione, della minore o maggiore altitudine, o, il che talvolta ritorna lo stesso, di minore o maggiore latitudine, e in genere delle cause diverse di degradazione. Così, per esempio, i viaggiatori affermano che la catena del Sinai sia di costituzione granitica e di struttura geologica conforme a quella delle Alpi (1): eppure quelle montagne non ricordano in nessuna guisa, nè nella forma, nè nella tinta, in esse assai variegata a colori caldi, il paesaggio alpino.

Unendo a quello della forma speciale e generale, i varî elementi del colore, della vegetazione, della fertilità e di altri accessorî, che tutti assieme costituiscono l'*aspetto* di una regione montuosa, è certo che in molti casi si può col solo suo mezzo arguirne la natura geologica dei terreni, senza dubbio causa prima determinatrice di tale aspetto; ma è certo d'altronde che non tutte le roccie si possono giudicare tali quali sono dalle semplici figure delle montagne ch'esse costituiscono.

La linea di vetta è talvolta interrotta da depressioni più o meno profonde, qua appena accennate, là notevolissime. È per tali abbassamenti che si suole passare da una ad un'altra vallata, separate da una catena di monti, onde il nome generico di *passi* e di *varchi*, il *jugum* dei latini, che colle forme di *pas, passe, passage, pasu* (rumeno), *paso, port* (Pirenei) e consimili, si ripete in quasi tutte le lingue europee. Pure nome generico è quello di *sella*, la *sattel* dei tedeschi, *sedlo* dei boemi e degli sloveni, *sljeme* dei croati, *col* dei francesi; ma di consueto riservato per i varchi più elevati quello di *giogo* (*joch, col, serrania, jugu*) e ai passaggi più stretti e racchiusi fra pareti verticali quelli di *porta*, di *forca*, di *forcella, bocca, bocchetta, pertus*, e di *foce, fourche, hourquette, brèche, fenètre, chicet, porte; scharte, pforte, thor; puerto; gate; pile* e *stenà* (greco); *derbent* (turco); *daban* (mongolo), e consimili, ai quali conduce bene spesso una *gola*, il *defilé* dei francesi, il *desfiladero* o la *quebrada* degli spagnuoli. Se assai depressi ed ampli e tali che la loro sommità non si possa facilmente riconoscere, assumono il nome generico e più scientifico che popolare di *spartiacque, scheide, wasserscheide*.

Della montagna, la parte più importante e conosciuta per la società sono i varchi e i loro accessi, poichè è attraverso ad essi che si compiono le transazioni commerciali, che hanno luogo le trasmigrazioni dei popoli, le invasioni guerresche tanto quanto quelle dei morbi. Ond'è che sovente succeda di trovare che da essi s'intitoli l'intera catena, com'è il caso dei Gati (*gate*, porta, passaggio in inglese) nel Decan, dei Tauern (1), dei *la* (sella, varco) usato nel Tibet per intere catene (2), com'è un fatto che i passi furono non di rado il primo accidente orografico osservato e studiato dagli uomini e segnato sulle carte (3).

(1) Cnfr. HELLWALD, op. cit. vol. II, pag. 338.

(1) VALLMANN, *Was versteht man unter Tauern*, in *Zeitschr. des deutsch., Alpenv.*, B. 1, 1869-70, pag. 442. Probabilmente è la radice stessa di *thor* o *thörl*, porta, passaggio.

(2) RÉCLUS, *Geogr. nouv.*, vol. VII, pag. 54.

(3) Dei nomi delle cime alpine i Latini ce ne conservarono pochissimi, anzi si può dire *due* soli: quelli del Vesulus (Plinio, Virgilio e Strabone) e dell'Adula (Strabone e Tolomeo). Il primo corrisponde al Monviso, alto 3840m cioè ben inferiore in altitudine al M. Bianco ed al Rosa, e a forse un centinaio di vette alpine, e tuttavia salutato da Plinio colla frase di — *celsissimum Alpium cacumen* — sì forse per motivo della sua forma spigliata, come per quello della sua giacitura isolata e sporgente, come da ultimo per essere la scaturigine del re dei fiumi italiani, il Po. L'Adula corrisponde al gruppo del Gottardo, di cui la vetta suprema, il Piz Rotondo si spinge soltanto a 3197m; ma la sua rinomanza proveniva probabilmente dal gruppo di passi che vi s'innestano e più ancora dalla copia dei fiumi importanti che ne provengono. Un terzo nome di monte, il *mons*

Digitized by Google

È certo poi che anche adesso, le *cime* e i *valichi* sono le due serie di punti, degni della maggiore considerazione nell'altimetria delle montagne. Oltre all'interesse, che vien annesso direttamente alla notizia della loro altitudine, siccome essi sono punti cospicui e quindi facilmente identificabili, è mediante la loro determinazione, che si riesce ad ottenere l'altitudine media di una catena, elemento importantissimo per l'orografia.

Le vette più elevate non sono distribuite uniformemente sul globo, nè preferiscono una od un'altra parte, quantunque generalmente si ritrovino più frequenti nelle regioni tropicali o prossime a queste. Così le masse enormi dell'Imálaia (Gaurisancar 8840^{m}, Daulaghiri 8176^{m}, Cancingianga 8542^{m}, ecc.), si elevano tra i 27° e i 29° di latitudine boreale; nell'America una fitta selva di vette, cominciando dall'Orizaba o Citlatepetl (5450^{m}), o dal Popocatepetl (5420^{m}), nel Messico e proseguendo coll'Horqueta (5500^{m}), col Nevado de Tolima (5526^{m}), col Puracè (5184^{m}), col Cajambe Urcu (5953^{m}), col Cimborazo (6310^{m}), coll'Illinissa (5300^{m}), col Cotopaxi (5943^{m}), coll'Antisana (5746^{m}), coll'Illampu o Sorata (6550^{m}), e terminando col Sahama (6415^{m}), tutte superiori ai 5000 e alcune anche ai 6000^{m}, stanno fra i 19° di latitudine settentrionale e i 20° di latitudine meridionale; e in Africa parimente le vette più ardite, il Chilimangiaro (5700^{m}), il Chenia (5000^{m}), il Camerun (4000^{m}), il Ras Dacan (4620^{m}), nell'Abissinia, stanno tutti fra 13° di latitudine boreale e 4° dell'australe. Aggiungasi da ultimo che Lomboc (4200^{m}), Borneo (4185^{m}), la N.^{a} Guinea (Owen Stanley 4025^{m}), tutte isole che stanno a pochi gradi dall'equatore, presentano vette superiori ai 4000^{m} e gli stessi colossali vulcani delle isole Sandwich (Mauna Chea 4253^{m}, e Mauna Loa 4194^{m}) si trovano appena a 20° di latitudine settentrionale, cioè pur sempre fra i tropici.

Tuttavia, oltre al fatto che lo stesso Imálaia esce dalla zona tropicale e coi suoi più nordici aggetti tocca il parallelo 34°, sta quello che le potenti catene del Caracorum (col Dapsang, 8619^{m}, la seconda delle vette del globo), del Kun-lun (6819^{m}), del Tian-šan (col Can Tengri, 6500^{m}), dell'Elburs (col Demavend, 5628^{m}), del Caucaso (coll'Elbrus 5661 (1) e col Casbec 5043^{m}), stanno tutte fra i 35° e i 42°, che la catena delle Alpi in Europa (con numerose vette superiori ai 4000^{m}) e quella delle montagne Rocciose in America spingono le loro cime più elevate (M. Bianco 4810, M. Rosa 4638; M. Hooker 5100, M. Brown 5000^{m}), fra le latitudini di 47° e 50°; e che nell'emisfero australe le Ande del Chili, sotto il 39°, si elevano col vulcano Villarica a 4877^{m}; sta da ultimo quello che si notano elevatissime vette anche a latitudini molto alte, come il Cliucef (Kliutschew), alto 4804^{m}, a 56° 4′ nel Camsciatca, il monte Elias 5950^{m} (2) nell'Aliasca a 60° 17′, e finalmente più modesta, ma non trascurabile, la Petermann's Spitze, 3480^{m}, nella Groenlandia, alla latitudine di 73° 3′.

Non si può neanche asserire che di consueto le maggiori vette di una catena di montagne ne occupino la parte centrale, anzi nemmeno che coincidano col nucleo più importante di spartiacque. Si dà per giunta sovente il fatto ch'esse sieno fuori affatto della grande linea di vetta della catena principale. Così nelle Alpi le potenti masse del monte Bianco e del Rosa si trovano decisamente spostate e in una posizione eccentrica rispetto al complesso del sistema alpino; mentre la parte centrale di questo e il più importante nucleo di spartiacque, dal quale irradiano le

Caenia, posto, secondo Plinio, alle sorgenti del Varo, è di difficilissima identificazione.

Invece di passi alpini (*juga*) i Romani ne conoscevano almeno 15, e per quattro o cinque fra questi il nome rimase, cioè: 1) *per Alpes maritimas*; 2) *per Alpes Cottias*, attraverso il Monginevra (1860^{m}); 3) *per Alpes Grajas* o *in alpe Graja* o *mons Grajus*, attraverso il piccolo S. Bernardo (2180^{m}); 4) *per alpes Poeninas*, attraverso il gran S. Bernardo (2470^{m}); 5) *per alpes Julias* o *in alpe Julia*, talvolta adoperato pel passo del monte Croce di Plecken (1355^{m}), tal'altra coi sinonimi di *Ocra*, di *Carusadius*, ecc., pel passo di Adelsberg (520^{m}). E son questi difatti i nomi che troviamo negl'Itinerarî e nei più antichi monumenti cartografici, le tavole di Tolomeo e la peutingeriana (*Table de Peutinger*, *par* Ern. Desjardins, Paris, Hachette, 1869). Fuori della regione alpina qualche cima di montagna quale l'Ida, l'Olimpo, l'Etna, il Vesuvio, il Soratte e consimili, o per la loro posizione o grazie a particolari prerogative, si trova menzionata fin dai più antichi documenti geografici.

(1) O 5632^{m} secondo le misure dell'Abich. La quota di 5661m è dovuta ai signori Freshfield, Moore e Tucker, che ne furono i primi salitori.

(2) I vecchi dati intorno al monte Elias e alle altitudini dell'Aliasca, sono diversi da quelli accettati oggidì. Per es. pel monte Elias il Laperouse (1786) dava 3862^{m}, mentre l'ammiragliato inglese avea accettato il dato trigonometrico del Jameson in 4562^{m} (14970 p. ingl.). Però fin dal 1791 l'italiano Malaspina avea giudicata quella vetta alta 5440^{m}, cifra accettata nelle carte russe dell'Aliasca e superata dal risultato delle misure praticate nel 1874 da W. H. Dall, che dovette attribuirgli l'altitudine di 19500 p. ingl. (5943^{m}) con un errore probabile di 400 (122^{m}). Del resto in quelle Alpi lo stesso Dall misurò altre vette di altezza notevolissima: il monte del Bel Tempo (Fairweather Mt. Schönwetterberg) alto 4724^{m}, il mt. Crillon alto 4846^{m} e finalmente il mt. Cook, alto 4877^{m}. Cnfr. Petermann's, *Mittheil.*, 1875, p 155; — *Geogr. Jahrb. vom* Behm, VI, 1876, pag. 534.

Digitized by Google

principali catene son formati dal gruppo del Gottardo, nel quale l'altitudine media delle vette non supera i 3000^{m} (1), e la cima suprema, il monte Leone (3556^{m}) presso il Sempione, è affatto fuori della linea di spartiacque. E nelle stesse alpi Orientali, mentre la linea più importante di displuvio, cioè quella che separa le acque che scendono all'Adriatico, dai fiumi che spettando al bacino del Danubio, corrono al Mar Nero, è formata dalle modeste catene delle Carniche e delle Giulie: le maggiori e più imponenti moli, quelle che costituiscono le catene cristalline dell'Alto Tauern col Gross Venediger (3673^{m}) e col Gross Glockner (3797) a settentrione, e le catene dolomitiche del Cadore e del bellunese coll' Antelao (3254^{m}), col Marmolada (3494^{m}), colle Palle di S. Martino (3443) formano delle linee di displuvio affatto secondarie. Anche qui si ripete il caso del Gottardo, che il nodo di divisione più importante, cioè quello fra l'Adige e il Piave da una parte e la Drava dall' altra è rappresentato da quel nucleo delle Alpi cadorine, che non comprende le cime più elevate, poichè nessuna fra esse arriva ai 3100^{m} d'altezza (2). E degli esempi analoghi, numerosi nelle altre catene di montagna, noi addurremo soltanto quello che presenta assai cospicuo la catena dei Carpazi, la quale, modesta in tutto il suo lungo sviluppo, durante il quale non eleva guari le sue cime oltre a 1000^{m} sul mare, s'inalza a 2000^{m} e a 2500^{m} in due suoi aggetti che sono i Tatra (pizzo di Gerlsdorf 2663^{m}, pizzo di Lommitz 2634^{m}) e le Alpi Transilvaniche (Negoi 2563^{m}, Buceč 2477^{m}) quelli quasi del tutto fuori dell'importante spartiacque tra Vistola e Danubio, queste destinate tutto al più a displuvio fra gli affluenti di quest'ultimo fiume, anzi in tali condizioni, che quella loro porzione, in cui si nota il monte Negoi, cima suprema della catena, è circondata interamente da un solo fra essi, l'Aluta. Che più? nella catena dell' Imálaia il Gaurisancar e l' enorme gruppo montuoso che gli spetta, il più colossale del mondo, è tutto all'ingiro recinto dal fiume Phunglu, tributario secondario del Gange, talchè esso non soltanto non forma lo spartiacque tra due oceani, ma nemmeno fra il Gange e il Brahmaputra, anzi si trova addirittura portato fuori dal crinale della catena (1).

Un' altro argomento che da alcuni anni si agita fra i geografi è quello che concerne il rapporto fra le varie altitudini di una catena montagnosa. Anzitutto qui giova distinguere fra l'altitudine massima delle cime e dei passi, altitudine di cui discorremmo, e varie altitudini medie. Le principali fra queste sono: l'altitudine media delle cime; quella delle selle; quella della linea di vetta.

L'*altitudine media delle cime* è data dalla media aritmetica delle altezze assolute delle cime spettanti a una catena (2). Siccome avviene spesso nelle catene di montagne che non tutte le cime sieno misurate, nel ricavare questa media giova procedere con certe precauzioni, avendo cura che non vi sia qua cumulo di dati, là scarsezza.

Del pari l'*altitudine media delle selle* risulta dalla media aritmetica delle loro altitudini (3), (Fig. 217).

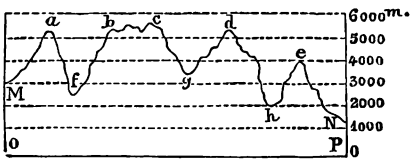


Fig. 217. — Altitudine media della linea di vetta.

Finalmente l'*altitudine media della linea di vetta* risulta dalla media delle due medie (4). Quest' ultimo metodo è preferibile a quello di far addirittura la media aritmetica di tutti i punti della linea di vetta, sieno cime, sieno selle; poichè di consueto, per essere specialmente punti visibili nelle deter-

(1) Sec. l'Hüber (citato più avanti) 2950^{m}. Nel gruppo proprio del Gottardo la cima più elevata: il Piz Rotondo ha 3197^{m}. Secondo lo Studer l'altitudine media del gruppo del Gottardo è di 2870^{m}. Cnfr. Réclus, *Géogr. nouv.*, III, pag. 4.

(2) Zwölferkofel 3085m; Elferkofel 3075^{m}. Cnfr. Marinelli, *Sull'altezza del monte Antelao (Alpi del Cadore)*, in *Memorie della Soc. geogr. ital.*, Vol. I, Roma, Civelli, 1878. V. anche l'annessa *Carta*, ecc.

(1) Cnfr. Petermann, *Das höchste Gebiet der Himalaya Länder*, *in* 1875, Tav. VIII dei Peterm., *Mittheil.* 1875.

(2) Così p. es. l'altitudine media delle cime nella catena rappresentata dal profilo *M N* (fig. 217) sarebbe dato dalla somma dei numeri rappresentanti le altitudini di *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, diviso per 5.

(3) E cioè nella citata figura 217, media aritmetica fra le latitudini di *f*, *g*, ed *h*.

(4) Non bisogna confondere l' altitudine media della linea di vetta coll'*altitudine media della catena* Una catena di montagna si deve considerare come una figura a *tre* dimensioni, cioè come un solido, poggiato sopra una delle proprie faccie, come vedremo più avanti. Per averne l'altezza media sarebbe necessario trarre la media di un grande numero di punti distribuiti uniformemente rispetto alla superficie della base, ovvero, il che è lo stesso, determinare l'altitudine media di molte sezioni perpendicolari alla base. Ora la media della linea di vetta rappresenta l'altitudine media di una sola sezione del solido; la sezione più lunga, se si vuole, ma una sola. Non è corretto assumerla come *altitudine media della catena*, anzi è addirittura errato far ciò, poichè essa rappresenta la sezione che più a lungo mantiene la maggiore altezza della catena.

Digitized by Google

minazioni trigonometriche, le cime misurate sono in numero maggiore che non le selle, epperciò qualora si assumessero senz'altro nel computo tutte le altezze note, si verrebbe a spostare la media in senso positivo, cioè aumentandone artificialmente il valore.

A primo aspetto, sembra di dover concludere non esservi alcuna relazione fra le altezze medie delle linee di vetta e quelle delle delle cime e dei passi. Questo concetto veniva avvalorato anzitutto dai primi raffronti orometrici istituiti dall'Humboldt. A lui l'altitudine media delle Alpi era risultata di metri 2340^{m}; quella dei Pirenei di 2436^{m}; e in tal caso l'altezza media riusciva decisamente inversa dell'altezza delle cime. Però le conclusioni dell'Humboldt avevano due difetti fondamentali: uno, la scarsezza degli elementi del calcolo e l'altro, il fatto dell'aver assunto quale media di una catena la media dei passi.

Però, anche seguendo metodi più esatti e servendosi delle più recenti ed autorevoli notizie altimetriche, di cui oggi possiamo disporre si riesce sempre a dover confermare la difficoltà di stabilire dei rapporti costanti fra le altitudini dei varî accidenti geografici, dacchè siffatti rapporti variano da catena a catena, da gruppo a gruppo montuoso. Ecco un prospettino che può chiarire il nostro asserto (1):

Gruppi montuosi	Altitudine della cima culminante.	Altitudine media delle cime	Altitudine media delle selle	Altitudine media delle linee di vette	Altitudine della sella più bassa
del monte Bianco	4810^{m}.	3858	3020	3439	2157 (P. S. Bern.)
» » Rosa	4638	4102	2871	3486	2010 (Sempione)
» » Bernina	4052	3458	2565	3011	1811 (Maloia)
delle Alpi dei Grigioni	3427 (Kesch)	3226	2450	2839	1917 (Lucomagno)
del Tödi	3623	3143	2424	2783	1351 (Kunkel)
della Jungfrau	4198 (Aletschh.)	3752	2313	3032	2036 (Cheville?)
dell'Oetzthal	3776 (Wildspitz)	3115	2900	3007	1491 (Reschen)
dell'alto Tauern	3797 (Gr. Glockner)	2823	2586	2708	2386 (Fuscher)
delle Alpi dolomitiche merid.	3494 (Marmolada)	2416	2072	2244	1520 (Cortina)

Dal prospetto ora esposto risulta una grande irregolarità di procedimento almeno nei gruppi alpini, e quanto si conosce degli altri permette di estendere ad essi il giudizio, non diremo della mancanza assoluta di ogni norma, ma almeno della grande difficoltà di fissarla. Così mentre nell'Oetzthal e nelle alpi dei Grigioni la cima più alta supera la linea di vetta di appena $^{1}/_{5}$ della sua altitudine media, nella catena del Tauern, in quella del m. Bianco e della Jungfrau e più ancora nelle Alpi dolo-

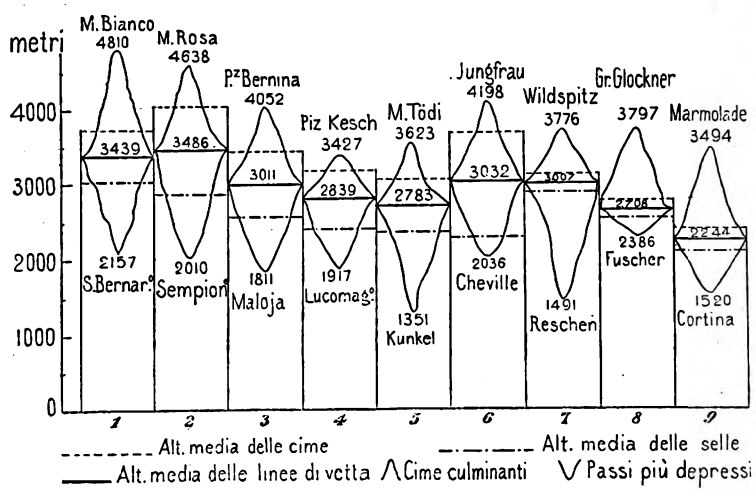


Fig. 218. — Altezza comparata di alcune catene e gruppi alpini.

1. Gruppo del M. Bianco, 2. Id. del Rosa, 3. Id. del Bernina, 4. Alpi dei Grigioni, 5. Gruppo del Tödi, 6. Gruppo della Jungfrau, 7. Id. dell'Oetzthal, 8. Catena dell'Alto Tauern, 9. Alpi dolomitiche meridionali.

(1) Prendiamo i dati esposti nel testo dalle seguenti opere: HÜBER WILLIAM, *Considérations générales sur les Alpes centrales*, in *Bullettin de la Soc. de géogr.*, Paris, 1866, tome XI, pag. 105-144; — SONKLAR, *Allgem. Orogr.*, però modificandoli in qualche parte. Cnfr. poi ancora HUGUES, *Geogr. fis.*, pag. 38; — RÉCLUS, *La Terre*, I, loco citato; — LEIPOLDT, *Über die mittlere Höhe Europa's*, Placen. Neupert, 1874. pag. 6; — SUPAN ALEX., *Studien über die Thalbindungen des östlichen Graubünden und der tiroler Centralalpen*, Wien, Zamarski, 1877. Il Supan, ricavandoli da varie fonti, offre altri dati a riguardo del gruppo dell'Oetz, da quelli da noi esposti nel testo, e cioè per l'altezza media delle cime 3016m, per quella delle selle 2787^{m}, e per quella della linea di vetta 2902m.

Digitized by Google

mitiche, la supera di $^1/_5$ e anche della metà, cioè come 1.4 e 1.5 stanno ad 1. Parimente, se il monte Bianco gode della primazia nelle Alpi e in Europa (escludendone il Caucaso), per l'altitudine assoluta del suo punto culminante; tale primazia gli vien tolta, se valutiamo le varie massime altitudini delle sue cime maggiori e trattane una media, la confrontiamo con la media che ci presentano le cime del gruppo del Rosa, dove non meno di trenta pinnacoli s'ergono oltre a 4000^m, anzi per poco, il monte Bianco non vien meglio in terza linea, cioè dopo la Jungfrau. Il gigantesco ridotto bastionato del Rosa non vince poi il gruppo del Bianco solamente nell'altitudine media delle cime; ma addirittura in quella della linea di vetta.

Più forti anomalie concernono l'altitudine, sia media, sia minima, dei passi. Così, per esempio, nella catena dell' Oetzthal, la linea mediana delle selle è tanto elevata da superare quella di qualsiasi gruppo, compreso quello del Rosa, ed eccettuato quello del Bianco, e tuttavia, o compreso nell'Oetz, o per lo meno limitrofo, v'è il passo di Reschen che s'adima a circa metà altezza della linea media di vetta. Invece nel non lontano Tauern, tutti gli elementi presi ad esame, sieno i punti delle altitudini estreme, le vette supreme, ovvero le selle più depresse o le linee di media, si trovano tutti notevolmente avvicinati alla linea media del pettine; mentre in altri casi, ora è uno dei punti ora l'altro, che capricciosamente si staccano da quella. La figura 218 può dar facilmente l'idea della cosa.

Da quanto dicemmo e dall' esame dei dati esposti, però si potrà forse trarre la conclusione che in regola generale la cima più elevata supera la media elevazione della linea di vetta di una quantità che sta tra $^1/_5$ e la metà dell' altitudine di questa; mentre può superare di $^1/_3$ od anche del doppio la media elevazione delle selle. Del pari la media elevazione delle cime come quella delle selle possono molto avvicinarsi tra loro; ma in nessun caso si allontanano dalla media altitudine della linea di vetta più di $^1/_4$ (1) dell'altezza media di questa. Finalmente, ad onta del capriccio, che sembra dominare nelle altitudini dei passi più depressi, nessuno fra questi si abbassa a meno della metà dell'altezza spettante alla linea di vetta (1).

Tale rapido esame fa avvertire all' utilità di conoscere il valore dei termini medî di altitudine, ma mette in mostra ancora come sia molto discutibile l'utilità e, diciamolo pure, il significato scientifico di tutti i vecchi dati offerti per la media altitudine di vaste catene di montagne. La varia estensione che si attribuisce a una grande catena, una cernita dei punti introdotti nel calcolo talvolta necessaria per scarsezza di materiale altimetrico, e se volontaria, diretta con criterî non sempre uniformi, l' introduzione o l'esclusione di elementi offerti dalle catene secondarie, possono far variare in modo notevolissimo le risultanze di tali computi. È quindi con estremo riserbo che diamo qui sotto le altitudini medie del pettine di varie catene montagnose, traendole dall'Humboldt, dal Sonklar, dal Leipoldt, dall'Hann, e da altre fonti (2).

	Altit. media della linea di vetta
Caracorum	6500^m
Cuenlun.	6000
Imálaia.	5800
Ande dell'America Merid. .	4500
Caucaso	2600
Alpi Centrali (Catena Mediana)	2590
» Orientali (» »)	2082
» Centrali complessivamente	2382
» Orientali	1838
» sec. l'Humboldt	2340
Sierra Nevada	2600
Pirenei	2340
Alleghany	1100

Per le regioni, dove abbondano buoni materiali altimetrici, l'orometria è stata spinta ancora più avanti, cioè si è potuto tentare

(1) Nel gruppo della Jungfrau, l'altitudine della linea di vetta sta a quella delle cime e a quella delle selle come 1 : 1.24 nel primo caso e come 1 : 0.76 nel secondo. Invece nel gruppo dell'Oetz, tali rapporti son dati rispettivamente da 1 : 1.03 e 1 : 0.97. Si avverta che nello stesso gruppo della Jungfrau la vetta più elevata è il Finsteraarhorn alto 4275^m.

L'altitudine della Jungfrau è di 4167m.

(2) Questi numeri appariscono ben più elevati di quelli che si è soliti di riscontrare nei manuali. Per esempio per l'Imálaia il KLÖDEN e il SONKLAR, dietro l'HUMBOLDT, dànno 4775m. che l'HANN riduce a 4570. Invece le grandi misurazioni dell'Alta Asia mostrano che la sola altitudine media dei passi supera tali valori. Così i fratelli SCHLAGINTWEIT (Cfr. *Esplorazione dell'Alta Asia* in *Giro del Mondo*. vol. VI. 1866. pag. 331) dànno per l'altezza media dei passi nel Caracorum 5700m, nell'Imálaia 5430m, nel Cuen Lun 5480m. E il DESBOROUGH COOLEY (*Physical Geography*, London, Dulau and Co., 1876, pag. 355) da all'altezza media dei passi imalaiani 17800 p. ingl. pari supperg'ù all'altitudine offerta per essi dallo Schlagintweit. Finalmente il WAGNER (I., pag. 440 e seg.) dà alla media altezza del Caracorum poco meno di 7000, del Cuen Lun circa 6000 e dell'Imalaia da 5000 a 5500^m.

Digitized by Google

la determinazione dei *volumi* presentati dalle masse montuose, considerandole generalmente come prismi triangolari posati con una delle faccie oblunghe sopra uno zoccolo o basamento, il cui profilo può essere rappresentato dalle vallate (Fig. 219). Di tal genere di studi si son resi benemeriti specialmente il Sonklar, il Suplan e il Leipoldt, già più volte citati. Anche l'Humboldt aveva tentato una pari determi-

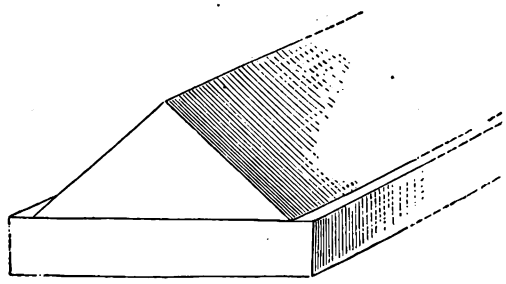


Fig. 219. — Orometria o misura delle montagne.

nazione. Anzi, per evitare la pena di esporre grandi cifre rappresentanti delle enormi cubature, avea riassunti i risultati dei suoi studi riguardanti le Alpi e i Pirenei nella guisa seguente. Suppongasi che tutto il materiale costituente l'assieme delle Alpi e dei Pirenei potesse (come se fosse ridotto in polvere) distribuirsi uniformemente su tutta la superficie d'Europa, essa ne verrebbe rialzata col materiale alpino di circa $7^m.4$ (22.8 p. par.) e col materiale pirenaico di soli $1^m.9$ (circa 6 p. par.). Realmente i calcoli recenti del Leipoldt, mostrarono difettosissimi i computi dell'Humboldt. Non la intiera catena alpina, ma la sola sua parte orientale avrebbe sul continente europeo un *effetto* di $11^m.15$, cioè verrebbe a riuscire ben superiore a quello che l'Humboldt attribuiva alla somma delle due catene menzionate. L'effetto dell'intera catena delle Alpi non si può ragguagliare poi a meno di $27^m.23$, mentre quella dei Pirenei equivale a $5^m.1$.

Ma le ricerche, istituite negli ultimi tempi intorno alle catene montuose, condussero ad altri risultamenti interessanti, che riguardano la posizione dei passi a rispetto delle cime più notevoli e degli altri accidenti orografici. Di tal genere sarebbe la considerazione che sovente, accanto ai massimi sollevamenti, stanno le massime depressioni, che avvengono quasi ad un tratto e senza una graduazione. Così, per es., nelle Alpi, prossimo alla cima del m. Chaberton (3138^m) sta il passo del Monginevra (1860^m); alla enorme catena del Rosa, sta il passo del Sempione (2010^m); a quella della Jungfrau, il passo di Cheville (2036^m); presso il gruppo del Bernina sta quello della Maloja (1811), e il Brenner (1362^m) s'adima fra l'Oetz e il Zillerthaler; il passo di Cortina (1520^m) fra le cime del Tofana da un lato e del gruppo del Cristallo dall'altro; quello del monte Croce di Timau (1360^m) appena dopo la massa della crete di Cialdevie (Kellerwand, 2810^m) e così di seguito (1).

Più importante ancora è la cosiddetta *legge degli sbocchi* (*lois des débouchés*), fissata la prima volta probabilmente dall'Hüber (2). Secondo questa legge, le selle più depresse di un gruppo o di una catena montuosa si aprono di fronte alle masse più elevate della catena opposta. L'Hüber, a conforto di tale regola, cita il passo del Sempione (2011^m), contrapposto al gruppo della Jungfrau, quello del Gemmi (2183^m) appartenente a questa catena e contrapposto ai giganti del Rosa, il passo del Lucomagno (1917^m) contrapposto alla cresta principale del Tödi e così di seguito fino al passo del Bernina (2334^m) che sbocca a Samaden dirimpetto al Piz d'Err (3395^m). E lo stesso fatto si ripeterebbe ancora nella catena alpina oltre il territorio considerato dall'Hüber. Così il passo di Reschen (1491^m) prospetta l'Ortler (3902^m), il Brenner (1362^m) prospetta le Alpi dolomitiche, il passo di Cortina d'Àmpezzo (1520^m) prospetta il gruppo del Gross Venediger (3673^m), mentre il doppio passo del monte Croce di Timau (1360^m) e del Gailberg (970^m) finiscono collo sboccare ad Ober Drauburg in direzione della vetta del Glockner (3797^m).

Dato che questa norma verificata nel sistema alpino almeno nella generalità dei casi, si riscontrasse vera anche altrove, com'è per esempio il caso del *port de Venasque*, in faccia alla Maladetta nei Pirenei, essa potrebbe riuscire utile nelle esplorazioni di regioni incognite, poichè la esistenza di una cima molto culminante e quindi facile ad essere segnalata potrebbe fornire un indizio

(1) Nell'Imâlaia fra il Cancingianga 8582^m e il Gaurisancar (8840) sta il passo di Uallangciun (Wallantschung) o di Tipta-la alto 4761^m che conduce da Dhancuta al lago Comto Dong alto 4480m. Anche a NW del Gaurisancar, sulla strada da Catmandu a Dingri v'è un passo notevole, quello di *Thunlung*. Ma il dato di 4529^m, che taluno gli attribuisce, è erroneo, poichè proviene dalla riduzione di 14860 p. ingl. segnati per errore d'incisione nella bella carta del Petermann (*Das höchste Gebiet des Himalaya Länder*) già citata. Cnfr. lo stesso PETERMANN, *Eine Reise um den höhesten Berg der Erde* in *Mittheil.* 1875, pag. 147.

(2) Loco citato.

Digitized by Google

della direzione nella quale conviene rivolgersi per ritrovare la posizione dei varchi più depressi.

All'Hüber medesimo siamo debitori di aver sviluppato e fatto rivivere un concetto, esposto fin dal 1808 da due ingegneri francesi il Dupuis-Torcy e il Brisson, e secondo il quale allorchè due fiumi scorrono in direzione parallela ma in senso contrario, congiungendo con una linea le loro sorgenti, s'incontra senza dubbio un valico. Difatto la linea di vetta generalmente segue inclinata parallelamente alla linea di valle, e quindi il punto culminante di una catena, per regola generale, s'eleva prossimo alla sorgente del fiume che solca la valle. Ora, nel caso di due fiumi che corrano in senso contrario, avremo due massime altezze alla estremità della catena che li divide, e una minima altezza, cioè un varco, a metà della linea di vetta. Gli esempi, che confermano tale regola, sono numerosi specialmente nel gruppo del Gottardo o nei vicini gruppi montuosi, dove si trovano i passi del Grimsel fra il Rodano e l'Aar, quello della Furca fra il Rodano e la Reuss, quello del S. Gottardo fra la Reuss e il Ticino e così di seguito. Analogamente in altre regioni alpine, il Bernina tra l'Inn e l'Adda, il passo di Ofen tra l'Inn e l'Adige, il passo di Sesto (Kreuzberg) fra il Piave e il Dravo, ed altri ancora.

Però essa legge non si verifica tutte le volte, anzi numerose sono le eccezioni alla regola che le sommità corrispondano alle sorgenti, il che avviene quante volte un fiume (come l'Aluta nelle Alpi Transilvaniche, il Brahmaputra, molti fiumi dell'America, ecc.) traversi una catena normalmente all'asse di questa.

L'Hüber poi, in seguito alle proprie osservazioni, credette di poter fissare queste altre due regole, che cioè: 1. allorchè uno o due fiumi importanti presentano delle forti inflessioni nel loro corso, tali ripiegature possono fungere quasi da sorgenti per la ricerca dei passi, che senza dubbio loro corrisponderanno; 2. allorchè il corso di un fiume è normale a quello dell'altro, il prolungamento della perpendicolare indicherà quasi indubbiamente un valico.

Entrambe queste due regole si verificano sovente e non soltanto nella catena alpina, ma in quasi tutte le regioni montuose. Si porti l'occhio per esempio ai due grandi gomiti che forma l'Arno girando intorno ai colli di Pratomagno (1580^{m}) e si troveranno dirimpetto al meridionale le bassure della Chiana (250^{m} circa) e quelle che conducono al Trasimeno (258^{m}), e al settentrionale, cioè a quello che risponde al confluente della Sieve, tra altri, il passo di S. Gaudenzio (955^{m}) uno tra i più bassi dell'Apennino toscano (1). Si badi ancora al gomito che forma il Reno a Basilea, e si troverà corrispondervi le *porte burgunde* di Belfort, alte appena 330 o 340^{m}, interposte profondamente tra le catene dei Jura e dei Vosgi.

Ed altri esempi si potrebbero addurre in appoggio del secondo asserto, togliendoli anche in tal caso non solamente dalle Alpi centrali, ma da altri gruppi montuosi, senonchè su questi argomenti delle direzioni delle grandi vallate dovremo forse tornare (2), e per giunta conviene affrettarci a chiudere questo aspro ed avviluppato soggetto dell'orografia, che ci ha tanto a lungo trattenuti.

Però prima di staccarcene sarebbe forse per noi doveroso soggiungere poche linee intorno ad un ordinamento generale della orografia, quale passò a volta a volta per la mente di alcuni pensatori.

Anzitutto in tali soggetti noi entriamo peritosi sì per essere essi piuttosto campo comune al geologo e al geografo, sì per la incertezza che naturalmente vi domina, sì finalmente per la influenza che alcune idee aprioristiche, sovrane assolute delle menti, esercitano sovente in sintesi siffatte.

Di tal genere, ad esempio, sarebbe il concetto convenzionale della grande catena asiatica del Tauro e del Paropamiso, protendentisi quasi un enorme e protuberante parallelo traverso il continente, concetto un secolo addietro fatto rivivere dal Buache (3), che pensava la catena dei Pirenei prolungarsi sotto l'oceano Atlantico, traverso l'America, sotto il Pacifico, ricomparire in Asia coll'Imàlaia, coll'Indo-cuc, col Caucaso, e poscia mediante il Balcan, le Alpi e le Cevenne chiudere la grande cintura di roccie stretta intorno al mondo. Lo

(1) *Carta orografica ed idrografica delle provincie toscane*, 1: 400,000 circa (INGHIRAMI ?), Milano, Dott. Fr. Vallardi, e la *Carta corografica dell' Emilia*, 1: 250,000, Milano, Dott. Fr. Vallardi.

(2) Nel capitolo delle ACQUE CONTINENTALI.

(3) E parzialmente anche in questo secolo dal KOCH-STERNFELD (*Die Tauern*, 2. Aufl., München, 1820) il quale, seguendo il ricomparire della stessa radice linguistica, trovava che i *Tauern* cominciavano nell'Imàlaia, proseguivano col *Taurus* dell'Asia minore, coi monti della Crimea (*Tauride*), passavano presso Belgrado (*Taurunum*), proseguivano poi verso le Alpi occidentali (*Taurinum*, *Taurisci*), ecc.

Digitized by Google

stesso Buache (1), basato sulla ipotesi che l'intera superficie terrestre constasse di depressioni e di bacini coordinati ai corsi dei fiumi, prolungati al dissotto degli oceani e separati sia nelle parti subaeree come nelle subacquee da una specie di coste, colla sua *charpente du globe,* armatura del globo, faceva rivivere un'altra vecchia idea, cioè quella che già un secolo ancora prima colla frase *ossatura globi* era stata esposta dal padre Atanasio Kircher (2). Solamente l'accademico francese ebbe miglior fortuna del gesuita tedesco, anzi la sua idea (tradotta nella forma germanica di *Gezimmer*) venne accettata dalla vecchia scuola dei geografi tedeschi Gatterer, Kant, Zeune e financo, nei suoi scritti giovanili, dal Ritter, ond'ebbe diffusione e credito grandissimo (3).

Già questa scuola, non contenta di trovare nella distribuzione delle catene di montagne un sistema pari a quello di raggi o delle « costole di una foglia », credette di poter stabilire la esistenza di un vero equatore e di paralleli e meridiani montuosi incrociantisi tra loro, facile transizione alla teoria assai combattuta, ma pochi anni fa ancora diffusissima, di Elia de Beaumont (4).

Questo geologo francese avea fissato anzitutto il principio che tutte le catene di montagne rappresentavano dei sollevamenti prodotti dal contrarsi della crosta terrestre.

Osservando quindi come fra le catene di montagne si noti assai frequentemente un certo parallelismo o la coincidenza dei loro assi secondo angoli determinati, gli parve di poter fissare una specie di ordinamento generale in *sistemi,* basati sugli *allineamenti* e quindi sulla *età* delle montagne medesime. Imperocchè egli pensava come uno stesso sollevamento, rappresentando l'azione di uno sforzo in una determinata direzione, dovesse produrre degli effetti in quella medesima direzione, epperciò che le catene *paralliele* tra loro, dovessero anche essere *contemporanee,* mentre sforzi successivi dovevano prodursi in direzioni più o meno oblique alle antecedenti. Alcune osservazioni istituite sopra l'età di catene geologicamente note, potevano servire di appoggio a questo concetto generale, come anche a quello più particolare che sollevamenti immediatamente consecutivi dovevano aver luogo secondo direzioni ortogonali tra loro. Così le Alpi, il Caucaso e l'Imàlaia da una parte; i Pirenei, gli Alleghani e i Gati del Malabar dall' altra, doveano essere contemporanei fra loro; — così il sistema del Belgio è perpendicolare a quello della Inghilterra settentrionale che lo precede in ordine di tempo, e quello del Tatra a quello della Sardegna, pure più vecchio di esso.

Quindi la costituzione di un reticolo di grandi curve, che, in base ad una serie di considerazioni teoriche, non scevre da un certo conforto di fatti, lo condusse a un ordinamento di tutte le catene terrestri, secondo la figura geometrica del pentagono o dei suoi derivati naturali cristallografici, di cui già tenemmo parola (1). I sistemi di montagne da lui in tal guisa costituiti ammontarono, secondo le sue ultime pubblicazioni (1867) a non meno di 85, di cui alcuni ben distinti. Così per lui importantissimo era quello che costituiva il *grande asse vulcanico mediterraneo,* corrispondente a un circolo massimo che congiunge il picco di Teneriffa coll' Etna e colle isole vulcaniche dell'arcipelago greco, circolo parallelo all'asse delle principali catene alpine e tagliato sotto un angolo di 90° dal circolo massimo che passa per l'Etna ancora, pel Vesuvio e che traversa il Pacifico toccando il vulcano di Mauna Loa nelle Sandwich.

Se questo concetto, così semplice, fosse vero strettamente, ed applicabile con sicurezza in tutti i casi, esso sarebbe una delle più grandi e maravigliose scoperte dello spirito umano. In tal caso il semplice esame della morfologia verticale terrestre permetterebbe di riassumere rapidamente la storia del globo e le montagne sarebbero realmente, secondo l' espressione dell'autore, « le maiuscole di questo immenso manoscritto di cui ciascun sistema di montagna rappresenterebbe un capitolo » (2).

Senonchè più la geologia cammina e più mostra complesso il libro che narra tale istoria, e laboriosa e difficile la lettura delle sue pagine. Alla semplicità delle leggi e delle forze non corrisponde la desiderata semplicità, ma

(1) *Mémoires de l'Academie des sciences de Paris,* 1752, pag. 399; *Essai de Geographie physique.*

(2) *Mundus subterraneus,* Amstelodami, 1678. III ediz. Pars. I., pag. 67. « Ossatura telluris montium compages est ». Cnfr. poi in detta opera i capit. VIII e IX del libro II.

(3) PESCHEL, *Geschichte der Erdk.,* pag. 806.; — vedi esposti siffatti concetti in KANT, *Geogr. fis,* cit. vol. IV., pag. 6 e seguenti. Vedi anche GATTERER, *Abriss der Geographie,* Göttingen, 1755.

(4) *Notice sur les systèmes des montagnes,* Paris, 1852, tom. I. Però egli l'aveva già fin dal 1829 esposta nel libro: *Rèvolutions de la surface du globe,* in *Annales des sciences naturelles.* Cnfr. poi SOMMERVILLE, *Geogr. fis.* I.° pag. 49 e seg.; — STOPPANI, *Corso di geol.,* II., pag. 224, 268 ed altrove; — LAPPARENT, 1194 ed altrove.

(1) V. a pag. 253.

(2) DE BEAUMONT, *Notice* citata, pag. 3.

Digitized by Google

un'estrema complicazione di effetti, e le concezioni teoriche si vedono sovente sfumare davanti nuove comparse o nuovi avvicinamenti di fatti inattesi.

Per quanto solenne dunque e prezioso fosse il guadagno che l'accettazione di teoriche pari a quelle esposte dal de Beaumont, verrebbe a largire alla geografia e sopratutto alla sua parte morfologica, essa, già questa volta lieta di non essere chiamata a giudicarle, non può, almeno per adesso, nemmeno assumerle a base di una divisione sistematica della propria materia, e soltanto può tenerne conto in quanto, indipendentemente da ogni concetto teorico, coincidono colle linee generali morfologiche da essa rilevate (1).

CAPITOLO III.

PARTE PRIMA

NEVI E GHIACCIAI TERRESTRI (2)

DEL PROF.

ANTONIO STOPPANI

Proemio storico.

. . . . . e che procacci
Il verno co' suoi ghiacci
LEOPARDI.

Aut super Pindo, gelidove in Haemo.
ORAZIO.

Vides ut alta stet nive candidum.
ORAZIO.

1. La storia delle nevi e de' ghiacciai si confonde naturalmente con quella delle montagne. Come si sarebbe potuto parlare delle Alpi senza far cenno di quelle nevi eterne che ne coprono d'augusta canizie le fronti sublimi? Come si sarebbe potuto tacere di quelle enormi masse di ghiaccio, nascose nei più elevati recessi, da cui traggono i fiumi perenne alimento? Ma quanto al problema della loro esistenza, non credo che gli antichi se lo proponessero come tale. Delle nevi del Libano e dell'Hermon si fa cenno sovente nei libri dell'Antico Testamento, dove è assai chiaramente espresso anche il fenomeno della trasformazione dei vapori atmosferici in cristalli di ghiaccio. Di più credo non si troverebbe spogliando tutti i libri greci, romani o medioevali, salvo alcuni accenni ai limiti delle nevi perpetue, e all'esistenza di un mare boreale coperto di ghiacci. Bisogna venire fino a' tempi molto vicini ai nostri, per trovare quelle nozioni scientifiche, date dalla fisica moderna, riguardo al passaggio delle sostanze dallo stato liquido allo stato solido, quindi dell'acqua allo stato di neve e di ghiaccio, ed alle forme cristalline che presenta non di rado la neve anche quando cade nelle più basse regioni del piano. Non fu tuttavia che verso il principio del nostro secolo che gli studiosi di fisica terrestre cominciarono ad occuparsi seriamente dei ghiacciai; e si deve

(1) Vedi i **Prospetti XXXI** e **XXXII**.

(2) TYNDALL J., *The glaciers of the Alps*. London, 1860. — GODEFFROY, *Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes*, Paris et Genève, 1840. — RENDU C. *Théorie des glaciers de la Savoie*, Chambery, 1840. — CHARPENTIER J., *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du Bassin du Rhône*. — STOPPANI, *Corso di Geologia*, vol. I., Milano, 1871. — Idem *L'Era Neozoica*. Milano, 1871. — SCHLAGINTWEIT H. e A. *Untersuchungen über die physik. Geographie der Alpen*. Leipzig, 1850 — SONKLAR (C. v.). *Die Gebirgsgruppe d. Hohen Tauern mit besond. Rücksicht auf Orogr. Gletscherkunde, Geologie u. Meteorologie*. Wien, 1866; — RUTHNER (A. v.). *Aus den Tauern, Berg. - u. Gletscherreisen*. Wien, 1864; — SEELAND F., *Studien am Pasterzengletscher*, in *Zeitschrift des deutschen u. oesterr. Alpenvereins*, 1880, p. 205; 1881, p. 171; 1882, p. 110; — PFAFF D. FR. *Untersuch. über die Bewegung des Pasterzengletscher*. Stesso *Zeitschrift*, 1881, p. 1; — RABL JOSEPH. *Illustrirte Glochner-Führer*, Wien, Hartleben, 1881. — VENETZ. *Mémoire sur l'estension des anciens glaciers*, 1857-1858. — DESOR, *Le paysage 'Morainique* etc., Paris, 1875. — WOEIKOFF, *Gletscher unde Eiszeiten* etc., Berlin, 1871.

Digitized by Google

ai progressi della geologia, o piuttosto ai grandi problemi di cui cercavasi invano la soluzione, se la fisica terrestre diventò veramente un oggetto di studî speciali, e un vanto speciale dell' epoca nostra. Il problema che spinse gli scienziati ad occuparsi seriamente dei ghiacciai, fu quello del cosiddetto *terreno erratico*. Negli strati componenti la crosta del globo, e nei fossili che in essi si contengono i geologi avevano già letta una gran parte della storia del globo. Non c' era più dubbio ormai che i nostri continenti erano sorti dal seno del mare; che cioè le rocce costituenti le nostre montagne, ad eccezione di quelle che si mostravano prodotte da antichi vulcani, non erano altro, per la massima parte, che antichi fondi marini emersi dall'onde, dov'erano state generate o dal lento lavoro di organismi secretori, o dal lento deporsi della torbida che i fiumi recavano al mare, o il mare stesso produceva colla erosione di antiche terre. E mari e terre erano scomparsi; rimanevano i nostri continenti, generati da quelli coll'erosione di queste. Ma quale origine avevano poi quelle enormi masse di detrito roccioso, le quali rivestivano, quasi di rude mantello, i continenti sorti dal mare? Le alluvioni, cioè i depositi abbandonati dai fiumi che fin da epoca lontanissima solcavano i nuovi continenti, potevano darne ragione. Ma come mai potevano spiegarsi quelle accumulazioni vaste e profonde di detrito roccioso entro i seni più elevati delle Alpi, sui fianchi più ripidi delle montagne, e dovunque non potevasi nemmeno supporre che avesse esistito un torrente? Come potevansi spiegare sopratutto quei massi enormi, quelle rupi gigantesche, strappate evidentemente dalle cime più elevate delle Alpi, e portate centinaja di chilometri lontano giù verso il mare, abbandonate dovunque lungo la via, sparpagliate a mille a mille sugli erti fianchi dei monti o in seno alle lontane pianure? Il problema parve per lungo tempo insolubile, e tale rimase infatti fino a tanto che non si rivolse lo sguardo a quei ghiacciai che sembravano là immobili negli ultimi recessi delle Alpi, e in cui nessuno per conseguenza avrebbe mai potuto sognare i poderosi agenti d' un fenomeno, la cui grandiosità sembrava superiore a tutte quelle forze della natura, già note come capaci di esercitare un' azione potentemente modificatrice sulla superficie del globo. Eppure erano stati essi precisamente i grandi attori di quel dramma geologico; e bastò osservarli un po' da vicino, per accorgersi che possedevano ancora tutta la capacità di esserlo un'altra volta, non lasciando intanto, benchè scemi immensamente di mole e ristretti entro assai più angusti confini, di esercitarsi nel rodere monti e nel trasportare rupi, memori del grande ufficio ad essi assegnato dalla natura nel grande provvidissimo impianto dell'economia tellurica.

2. Pare che il celebre Playfair sia stato il primo che, nel 1815, osservando le mosse dei ghiacciai, attribuisse ai medesimi il trasporto e la dispersione dei massi erratici. Anche il genio di Goethe riconobbe che i ghiacciai dovevano essere stati l' agente di quel misterioso fenomeno. Ciò si rileva nell'edizione delle sue opere, pubblicata da lui stesso nel 1829. Il celebre Buckland parla egli pure di questo fatto, che era allora un' ipotesi, in un suo rapporto alla Società geologica di Londra nel 1840. Egli dice che il Professor Esmark di Cristiania aveva ammesso che la maggior parte della Norvegia era stata in epoca lontana coperta di ghiaccio, e che i massi di granito, sparsi abbondantemente sulla superficie del paese, vi erano stati condotti dai ghiacciai. Infatti queste idee di Esmark si trovano nelle sue *Osservazioni sulla storia geologica del globo*, di cui fu pubblicata una traduzione inglese nel 1827.

3. È merito però degli Svizzeri quello di aver portata seriamente la loro attenzione sul fenomeno dei ghiacciai, d' averne scoperto e studiate le leggi che ne governano la formazione, il movimento e l'azione, e d'aver creata quella *teorica glaciale* fisica e geologica ad un tempo, che divenne la base di tutti gli studî e di tutte le grandi applicazioni che di questa teoria medesima si fecero soltanto in quest' ultimo trentennio. Pare infatti che le notizie già date siano rimaste ignote a quegli scienziati svizzeri, i quali soltanto dopo il 1820 si volsero con tanta perseveranza e tanto frutto allo studio dei ghiacciai alpini; sicchè a loro va attribuito quasi intero il merito d' aver cavata tanta luce da un fenomeno che sembrava dapprima immeritevole di qualunque attenzione.

Venetz è il primo che abbia provato, con fatti incontestabili, che i ghiacciai del Vallese e dei paesi circostanti ebbero altre volte uno sviluppo infinitamente più considerevole di quello che hanno in oggi (1). L'idea gli venne però da alcuni montanari, i quali

(1) VENETZ, *Mémoire sur la température dans les Alpes*, 1821. Fu inserita nel Vol. I. delle Memorie della Società Elvetica di Scienze naturali.

Digitized by Google

erano rimasti colpiti dalla perfetta somiglianza di distribuzione e di forma tra i grandi massi erratici sparpagliati dovunque a' piedi delle Alpi lontano dai ghiacciai, e quelli che i ghiacciai medesimi si vedono giornalmente trasportare e deporre sulle proprie fronti, o sui fianchi delle rispettive valli. È certo comunque che, non solo quei montanari, ma nè Playfair, nè Goethe, quando emisero la stessa opinione, non l'hanno sviluppata, e non hanno cercato d' appoggiarla ai fatti. Resta dunque al Venetz tutto intero il merito di un' analisi fisica dei ghiacciai, dalla quale fu condotto a dare pel primo una dimostrazione della vera origine del *terreno erratico*. Mancava tuttavia ancora all'opinione del Venetz l' appoggio di uno studio profondo tanto dei ghiacciai alpini quanto del fenomeno erratico, con quel corredo di fatti accertati e di scrupolose osservazioni, per cui l' ipotesi fosse veramente elevata al grado di una teorica dimostrata. L'idea di Venetz era ancora un germe che aveva bisogno di un buon terreno per svolgersi fino a perfetta maturanza. Colui che, in questo senso, può chiamarsi principe e fondatore della teoria glaciale, fu Giovanni Charpentier. È vero che la sua classica opera sui ghiacciai e sul terreno erratico del bacino del Rodano apparve dopo altre. Risulta però storicamente che quelli, i quali prevennero coi loro scritti la sua pubblicazione, hanno potuto a tutt'agio approfittarsi delle sue osservazioni, ch'egli andava lentamente da parecchi anni raccogliendo, e di cui non faceva mistero a nessuno. Le opere a cui si accenna comparvero tutte fra il 1840 e il 1841, e segnano, direi, la prima grande fase della teorica glaciale, la quale ebbe in seguito, con altre fasi, un grande perfezionamento e sviluppo. Le suddette opere, in ordine alla data della loro comparsa, andrebbero registrate come segue; avvertendo che l' ultime due sono da considerarsi ancora come opere fondamentali per lo studio dei ghiacciai.

Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes, par M. Godèffroy. Paris et Genève, 1840.

Theorie des glaciers de la Savoie, par M. le Chanoine Rendu. Chambery, 1840.

Etudes sur les glaciers, par M. Agassiz, avec un atlas de 32 planches. Neuchâtel. 1840.

Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du Bassin du Rhône, par Jean de Charpentier. Lausanne, 1841.

Nell'opera del Charpentier abbiamo tutti gli elementi di un completo studio fisico delle nevi e dei ghiacciai. Non c'è questione che non vi sia discussa: il cambiamento della neve in ghiaccio; il movimento dei ghiacciai; l'azione che i ghiacciai esercitano sulle rocce a contatto; la formazione e la distribuzione delle morene; le oscillazioni a cui i ghiacciai vanno soggetti; i fenomeni riferibili alle acque che circolano nel ghiacciajo, o ne sboccano in forma di torrente; tutto vi è accuratamente descritto, e tutto accuratamente discusso. È però vero che esistono nell'opera del Charpentier degli errori fondamentali, i quali non hanno potuto essere emendati che da studî esperimentali perseveranti eseguiti dopo di lui. La sua teorica del movimento del ghiacciajo pel congelamento e quindi per la dilatazione delle acque circolanti entro il ghiacciajo stesso, è interamente caduta. Lo stesso dicasi di altre vedute teoriche sue o di Agassiz, Laharpe, Desor, ecc. allora molto in voga. L' esposizione dei fenomeni della teorica glaciale, ch' io passo a far brevemente, comprende del resto tutto quanto vi ha d'accertato per la scienza oggi che gli scienziati di tutte le nazioni le hanno portato il loro contributo.

Nevi e Ghiacci.

4. La neve e il ghiaccio, siccome non sono che forme accidentali dell'acqua, cui essa presenta soltanto dove esistano delle temperature, le quali figurano come eccezioni nella climatologia tellurica, non possono presentarsi anch'essi che in via eccezionale, in date regioni, sopra estensioni piccole in confronto della superficie terrestre. Durante l'inverno, in ciascuno dei due emisferi rispettivamente, le nevi prendono uno sviluppo considerevole in superficie. Ma questo è fenomeno temporaneo, il quale, se ha una certa importanza per la meteorologia, la perde quasi affatto di fronte alla geografia fisica. Da noi in Italia, per esempio, non è raro il vedere durante l'inverno coperti di neve, non solo i monti e i colli, ma anche le pianure che si distendono ai piedi delle Alpi e degli Apennini. Anzi questo fenomeno non è costante nemmeno per l'alta Italia; non succede che in via eccezionale nella media, e assai di rado nell'Italia meridionale. Coi primi tepori di marzo d'ordinario questo lenzuolo di nevi sembra raccogliersi verso le cime delle Prealpi e degli Apennini. Nei mesi di giugno e di luglio più non rimane che qualche

Digitized by Google

sprazzo di neve sulle cime più elevate delle catene suddette. In alcuni luoghi poi, per esempio nella regione del Libano, benchè le nevi invernali acquistino talora tale altezza, da giungere al livello dei tetti delle case, composte però d'un sol piano, in breve si dileguano, sicchè non ne rimane più traccia che sulle cime più elevate del Libano e dell'Antilibano.

Chi guardi però alle cime delle Alpi, esse gli appariranno coperte di nevi anche nei maggiori bollori della stagione estiva. Andando verso il nord, anche le catene più basse delle Alpi mostreranno lo stesso fenomeno, finchè si arrivi alle regioni polari dove le nevi si vedranno mantenersi, anche d'estate, in molta vicinanza del mare. Sono queste nevi persistenti che furono dette *nevi perpetue*, o nevi eterne, benchè ad esse questi epiteti non si convengano che in via d'iperbole. Infatti anche la cima del monte Bianco fu veduta spogliarsi talvolta interamente delle nevi cadute durante l'anno, e si videro le *nevi eterne*, principalmente in questo ultimo

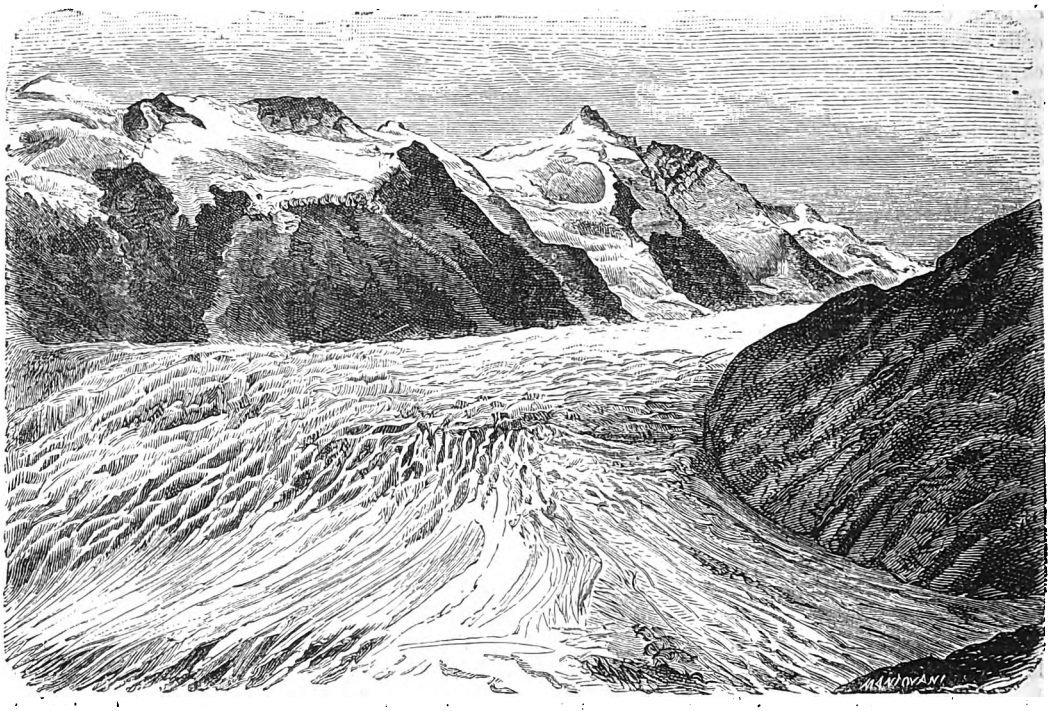


Fig. 220. — Giacciaio di Pasterze

ventennio, abbandonare molti posti, di cui mantenevano da secoli il possesso.

Da quanto abbiamo detto siamo autorizzati a conchiudere che i limiti assegnati dai geografi alle nevi persistenti sono affatto eventuali, e abbastanza arbitrarî. Essi dipendono, in via più stabile ed universale dalla latitudine e dall'altitudine dei rilievi terrestri sopra il livello del mare. Localmente poi entrano a determinarli le condizioni speciali dei luoghi, come sarebbero la forma dei rilievi, la loro esposizione piuttosto a settentrione che a mezzodì, la natura delle rocce, ecc. Bisogna finalmente tener calcolo delle variazioni annuali delle singole stagioni, e sopratutto di quei cicli meteorologici d'anni e di secoli, di cui la scienza non è ancor giunta a determinare le leggi.

Prescindendo dalle oscillazioni e dalle irregolarità dipendenti dalle cause suddette, i limiti delle nevi perpetue sarebbero ben figurati da una curva ideale sopra ciascun meridiano che, dall'equatore, dove tocca la massima altezza, discenda verso i due poli, intersecando le eminenze, che superano nei diversi punti l'altezza della curva medesima, e sole si mantengono coperte di neve durante l'estate.

Un fatto da notarsi però è questo che le nevi così dette perpetue, contrariamente a quanto fu asserito da alcuni geografi, non si abbassano mai in nessun punto dell'emisfero bo-

Digitized by Google

reale, e forse nemmeno dell'australe, fino al livello del mare. Parry, imprigionato nei ghiacci un intero anno presso l'isola Melville (74° di latitudine), vide, coll'approssimarsi della stagione estiva, verdeggiare i lidi, e fiorirvi il papavero, l'acetosa e il salice nano. Morton dipinge con tali colori il paesaggio del canale di Kennedy, che ci sembra di leggere la descrizione delle vallate svizzere, quando, al comparire della tarda primavera, veggonsi tra le nevi spuntare i fiori e verdi prati distendersi sui fianchi delle nevose montagne. Kane e Hayes, dall'82° di latitudine, avrebbero potuto portarci un mazzolino di fiori, composto di ranunculacee, di sassifraghe, di portulacee, di graminacee e di arbuscelli con bacche mature. Le stesse scene sono dipinte dal Nordenskiöld nel viaggio della *Vega* tra il mar di Kara e lo stretto di Bering. Infine non vi ha un punto di latitudine così alto raggiunto dai più arditi esploratori delle regioni artiche, dove non si vedesse, tra il mare e i monti coperti di nevi perpetue, sciorinarsi nella calda stagione una larga zona di terra verdeggiante e fiorita.

Lo stesso si può ripetere riguardo alle terre dell'altro emisfero più avanzate verso il polo antartico, almeno finchè non si arrivi a quelle estreme tra le antartiche terre, che indubbiamente formano parte di un Continente antartico, come ho dimostrato negli articoli — *Ghiacci polari* — pubblicati nella *Nuova Antologia* del 1883. Gli scopritori però di quelle lontanissime terre parlano di un nevicare quasi continuo che fa colà anche durante l'estate; per cui si può ritenere che le nevi persistenti vi si mantengono sempre fino al livello del mare.

Intesi su ciò, passiamo a dare la serie delle altezze approssimative che raggiungono i limiti delle nevi persistenti nell'uno e nell'altro emisfero, secondo alcuni dati non numerosi che ci forniscono i geografi.

Spitzberg (80°)	m.	330	
Groenlandia (Coste occidentali)	»	649	
Isole Magheroe (Norvegia estrem. sett.)	»	720	
Islanda	»	936	
Ural settentrionale	»	1460	
Tatra (Carpazî)	»	2300	
Alpi	»	2700	
Pirenei	»	2900	
Etna	»	2905	(1)
Spagna (Sierra Nevada, limite merid.)	m.	3100	
Tian-čan	»	3800	
Caracorum	»	5800	
Imálaia vers. sett.	»	5670	
» » mer.	»	4940	
Abissinia	»	4300	
Quito (sull'Equatore)	»	4818	
Cordigliere orientali	»	4853	
Cordigliere occidentali	»	5646	(1)
Copiapo	»	4800	
Aconcagua	»	4500	
Santiago	»	4000	
Curico	»	2800	
Chillan	»	2500	
Conception	»	2000	
Valdivia	»	1709	
Llanguine	»	1500	
Stretto di Magellano	»	1200	
Puenta Arenas	»	750-600	
Terre Antartiche	»	0	

(1) L'Etna passa, comunemente come coperta di nevi perpetue, ma a torto. La cima di quel vulcano si spoglia affatto di nevi durante l'estate. La neve si conserva più basso, in certi seni ombrosi, e a conservarla contribuisce l'umana industria, che la ricopre di materie coibenti, per farne commercio nella stagione del caldo.

(1) L'elevazione dei limiti delle nevi perpetue, ad onta della più elevata latitudine, tra il 10° ed il 30° nelle Cordigliere del Sud-America, vuole indubbiamente attribuirsi alla scarsezza delle nevi, in altre parole alla estrema siccità del clima, così caratteristica di quella regione almeno sui versanti occidentali. La stessa ragione vale per l'Himalaya, dove si verificano simili sbalzi, secondo gli studi degli Schlagintweit, e dee valere per tutti i casi consimili.

I Ghiacciai.

5. Al di sotto dei limiti delle nevi persistenti, quasi continuazione delle nevi stesse, in tutte le regioni nevose del globo, discendono i *ghiacciai*. Per quanto varî nella forma secondo le diverse condizioni orografiche dei luoghi, i ghiacciai si presentano dovunque sostanzialmente gli stessi; hanno la medesima origine, sono governati dalle medesime leggi e producono i medesimi effetti. Furono studiati dapprima principalmente nelle Alpi, per cui da esse ne prenderemo la parte più tipica; ben inteso che quanto diremo dei ghiacciai alpini, va inteso, con poche restrizioni, di tutti i ghiacciai che discendono dalle alture del globo verso il mare. La fisica dei ghiacciai si può chiudere in poche parole. — Non sciogliendosi mai interamente le nevi sulle alture relativamente maggiori del globo, il loro accumularsi non potrebbe avere nessun limite d'altezza. Eppure codesto accumularsi indefinito non si verifica in nessun punto; chè anzi lo strato delle nevi persistenti mantiene approssimativamente, negli stessi luoghi lo stesso spessore. Bisogna dire dunque che quelle nevi trovino modo di scaricarsi a mano a mano. I ghiacciai tengono appunto l'ufficio di

Digitized by Google

scaricatori od emissarî delle nevi persistenti. Nell'esercizio di tale ufficio esercitano singolarmente un'azione meccanica, capace degli effetti più grandiosi.

I ghiacciai dunque non sono che masse di ghiaccio che discendono dalla regione delle nevi persistenti. Come tali si coordinano in un sistema, dipendente da un solo campo di nevi o di ghiaccio, che sta sulle alture di un dato rilievo, e da cui tutti dipendono. Così, staccandosi ciascuno dai limiti delle nevi perpetue e dal campo di ghiaccio, come farebbero le nappe da un abito, o le lingue da una bocca che molte ne avesse, discendono più o meno al disotto delle stesse nevi perpetue. Nelle Alpi, per esempio, i ghiacciai discendono talvolta molte centinaia di metri di altezza verticale, fino a raggiungere il fondo delle valli principali. Così il grande ghiacciaio di Montauvert o *des Bois*, che dipende dal gran campo di ghiacci e di nevi detto *Mer de glace*, discende fin presso il medesimo villaggio di

Fig. 221. — Ghiacciajo di *Montauvert* nella Valle di Chamonix, detto anche *La mer de glace*.

Chamonix che si trova a 1044 metri sopra il livello del mare; dunque da 1600 a 1800 metri al disotto delle nevi persistenti.

Nelle regioni polari non solo, ma anche sotto latitudini più temperate i ghiacciai discendono sovente fino a tuffarsi in mare, come vedremo meglio più tardi. Così avviene per esempio di quelli che discendono dalla Cordigliera in faccia alle isole Chiloe, verso il 40° di latitudine meridionale. Per vedere in quali rapporti stiano i singoli ghiacciai tra loro, e col campo di ghiaccio da cui tutti dipendono quelli che formano un dato sistema, si osservi l'annessa *Tavola IX* che porta per titolo: *La Mer de Glace* e i suoi affluenti nel gruppo del Monte Bianco. Essa non comprende che la porzione nord-est di quel massimo rilievo delle Alpi, quindi solo una parte (che è però la maggiore) del sistema dei ghiacciai che gli appartiene. Un gran campo, ossia una gran zona di nevi e di ghiacci si distende da sud-ovest e nord-est, divisa in tanti bacini piccoli o grandi, separati gli uni dagli altri dalle molte creste, che sorgono talora nude, o appena sparse di neve. I bacini più vasti appartengono al versante di nord-ovest, dove si osservano i massimi confluenti, che sono quelli dell'*Allée blanche*, del *Gigante*, del *Leschaux*, di *Talèfre*, i quali confluiscono tutti alla *Mer de glace*, che

Digitized by Google

"LA MER DE GLACE" E I SUOI AFFLUENTI
nel gruppo del Monte Bianco

Tav. IX

Scala di $\frac{1}{119,000}$

Chilometri

Lit P. Porati

Casa Fabrice Dottor Francesco Vallardi

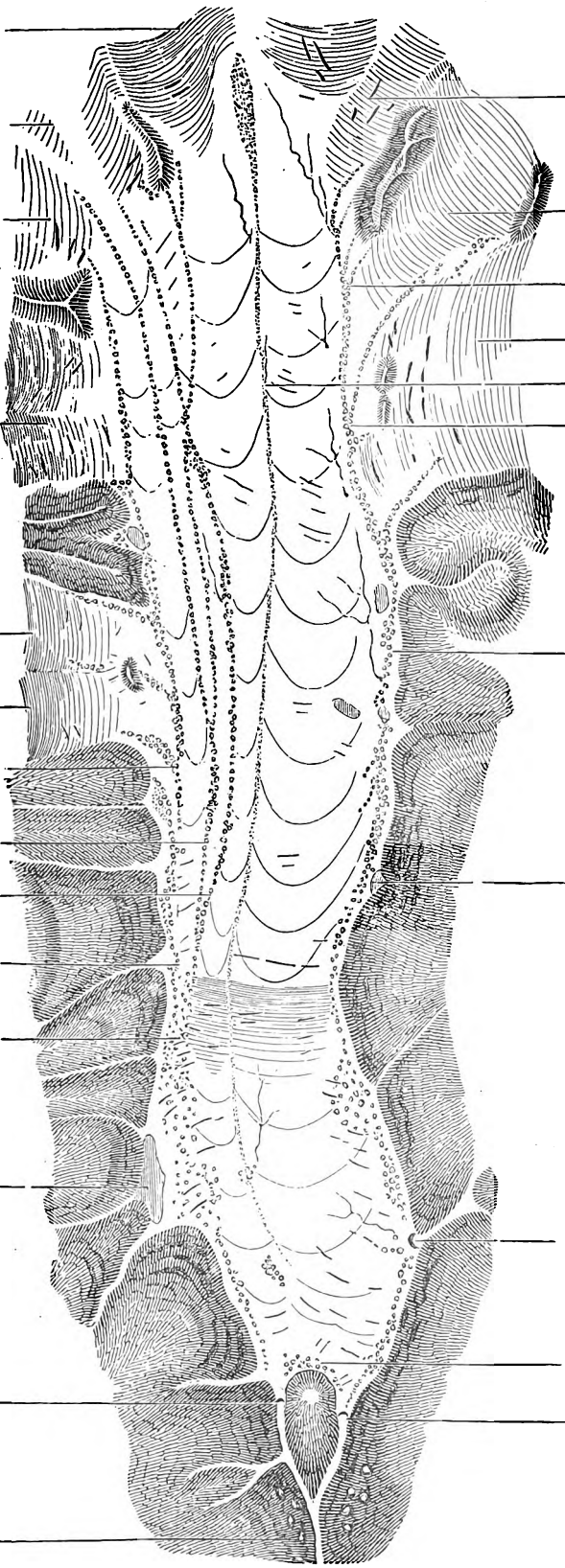
G. Marinelli dis.

Digitized by Google

Digitized by Google

Topografia del ghiacciajo della Pasterze nel gruppo del Gross Glockner

secondo lo Schlagintweit (1850).



Digitized by Google

Digitized by Google

è il massimo de' ghiacciai del Monte Bianco. Ma altri ghiacciai discendono in tutti i sensi, tanto verso la Svizzera nella valle dell'Arve, quanto verso l'Italia nella valle della Dora Baltea. Tra questi ultimi il più grosso, visibile sulla *Tavola* è il ghiacciaio della *Brenva*. Si osservano poi anche molti ghiacciai minori, indipendenti dal gran campo di neve, che formano quasi altrettanti piccoli sistemi da sè.

Riservandoci di ritornare su ciò che riguarda i sistemi dei ghiacciai, cominciamo a riconoscere quello che vi ha di comune a ciascuno di essi, descrivendone sommariamente i caratteri esterni, per passare in seguito a studiarne l'origine, la natura, le metamorfosi, i movimenti, e tutto ciò che fa d'un ghiacciajo uno dei fenomeni più interessanti per la geografia fisica, ed uno dei grandi fattori dell'economia tellurica.

6. Vediamo anzi tutto come i ghiacciai occupano il fondo delle depressioni, anzi il letto delle valli, precisamente come fanno i torrenti, a cui tanto si assomigliano per la figura, e più ancora per la natura dei movimenti, di cui li troveremo capaci. Nelle Alpi e nelle regioni alpine in genere che appartengono alle zone temperate, i ghiacciai sono appunto distribuiti secondo il numero delle valli coordinate a sistema, in dipendenza dai singoli rilievi, di cui si compone una data catena coperta di nevi persistenti. I ghiacciai rimangono così isolati l'uno dall'altro, precisamente come i singoli torrenti che riconoscono da essi la rispettiva sorgente. Soltanto nelle regioni più avanzate verso il polo nei due emisferi, i singoli ghiacciai, straordinariamente gonfi, riescono a superare le sponde delle singole valli, e quindi a fondersi apparentemente in un sol ghiacciajo, detto *inlandeis*, che noi tradurremo col nome di *ghiaccia terrestre*. Però anche là i singoli ghiacciai si mantengono distinti secondo il numero delle rispettive valli, sicchè, mentre la ghiaccia terrestre d'ordinario s'arresta alcune centinaia di metri sopra il livello del mare, essi invece discendono ancora fino a prolungarsi parecchi chilometri in mare, sempre seguendo quelle depressioni, che costituiscono orograficamente le valli, e si prolungano in mare, sotto forma di *seni*, di *baje* o di *fjords*. La cosa si osserva benissimo, per esempio, sulle coste occidentali della Groenlandia, dove le valli, nascoste sotto la ghiaccia, si prolungano in mare, formandone quei canali angusti e profondi che si chiamano fjords. I singoli ghiacciai, staccandosi dai limiti della ghiaccia terrestre che si tiene a parecchie centinaja di metri d'altezza sul livello del mare, discendono al livello di questo, e proseguono la loro via, infilando ciascuno il rispettivo fjord, e percorrendolo talvolta per decine di chilometri. Da questo momento i ghiacciai polari si isolano ciascuno da sè, si assomigliano perfettamente agli alpini: almeno su quel tratto che percorrono su terra ferma; mentre una volta che siano giunti al mare, dànno luogo a quella serie di ben altri fenomeni, per cui vedremo appunto distinti i *ghiacciai terrestri*, dai *ghiacci marini*.

I fisici hanno diviso il ghiacciajo alpino in tre parti o regioni, partendo dall'alto al basso, cioè dal punto dove il ghiacciajo medesimo si spicca dal rispettivo *circo*, o campo di neve o di ghiaccio, fino al punto in cui termina, e lascia luogo al torrente che ne esce, nudrito dal perenne disgelo.

La prima si chiama *regione della neve*, perchè difatti la superficie del circo, e la prima porzione del ghiacciaio, dove se ne diparte, sono coperte di neve ordinariamente caduta nell'anno o da qualche anno soltanto. Questa neve però, a mano a mano che si discende, va diventando granulosa, formando in seguito una specie di gramolata di ghiaccio deliquescente. Siamo così discesi nella seconda regione la regione della *nevée* pei Francesi, del *firn* pei Tedeschi, ossia del *nevischio*, come tradussero molto impropriamente gl'Italiani. Io proporrei quindi di chiamarla *regione della gramolata*. La gramolata, sempre a mano a mano che si discende, si va cambiando in ghiaccio bianco e poroso, che poi dà luogo al ghiaccio azzurro, trasparente, compatto. Così siam giunti alla terza che si chiama *regione del ghiaccio*, colla quale termina il ghiacciajo. È questa la regione più interessante, più ricca d'accidenti, e quella che costituisce, propriamente parlando, il ghiacciajo.

La neve che occupa le alture superiori al circo è d'ordinario farinosa e affatto incoerente, per cui ogni soffio di vento può facilmente sollevarla, come fa colla polvere delle vie. Nel circo invece, prescindendo da quella caduta di fresco, la neve è già più o meno granulosa. Bisogna avvertire però che queste forme, nevosa o granulosa, sono proprie soltanto della parte più superficiale della massa ghiacciata che riempie il circo, e forma la porzione più alta del ghiacciajo a monte. I crepacci, che si vedono aperti sovente già nel circo e nella prima regione del ghiacciaio, mostrano

Digitized by Google

come, alla profondità di alcuni metri, c'è già il vero ghiaccio, perfettamente uguale a quello che si mostra alla superficie nel tronco inferiore del ghiacciajo.

7. Ho detto che la regione del ghiaccio è quella che presenta le accidentalità più interessanti. Cominciando dallo spessore che può presentare un ghiacciaio, esso è sempre relativamente enorme. Il ghiacciajo dell'Aar, per esempio, fu scandagliato direttamente fino alla profondità di 260 metri. Ma in base a diversi calcoli, dovrebbe avere almeno uno spessore, cioè un'altezza verticale di quasi 500 metri. Ma quelli delle Alpi non sono che piccoli ghiacciai, in confronto di quei ghiacciai polari, di cui dovremo parlare a miglior uopo più tardi. Questi sono centinaja di volte più vasti e potenti di quelli, e misurandone lo spessore dalla velocità, come apprenderemo a fare in seguito, devesi ritenere che lo strato di ghiaccio, di cui sono composti, presenti uno spessore anche di più migliaja di metri. Un ghiacciajo pertanto si può chiamare senz'iperbole una montagna di ghiaccio.

D'ordinario la superficie del ghiacciajo è tondeggiante, cioè convessa, come mostra la figura 223, talmente che chi si trova sopra uno dei lati, ossia delle sponde, non vede più l'altro. L'altezza della parte mediana in confronto delle due laterali, può essere di alcune decine, ed anche di qualche centinajo di metri. Dalle osservazioni però, eseguite in questi ultimi anni in cui i ghiacciai alpini subirono, come vedremo, un *regresso*, ossia una diminuzione considerevole, mostrano che questa forma tondeggiante corrisponde ai periodi di progresso. Nei periodi di regresso invece il ghiacciajo, diminuendo d'altezza, finisce sovente coll'infossarsi nel mezzo, e col presentare pertanto una superficie sensibilmente piana od anche concava, come si os-

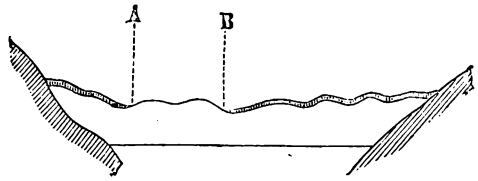


Fig. 222. — Profilo del ghiacciajo di Vernagt.

serva nella figura 222 che presenta un profilo del ghiacciajo di Vernagt. Abbiamo già parlato dei *crepacci* che fendono sovente le nevi del circo. Essi diventano più spessi sul ghiacciajo, specialmente dove esso presenta un maggiore pendìo. Si distinguono i crepacci longitudinali, lunghi talvolta qualche chilometro, dai trasversali, che talvolta attraversano quasi per intero il ghiacciajo. Gli uni e gli altri sono spaccature strette e profonde, che intersecandosi, formano quello che si direbbe una rete d'abissi. I parziali rilievi, determinati da tali intersecamenti, si presentano sotto forma di lamine di ghiaccio, che assumono in seguito al disgelo le forme più bizzarre, di rupi, di scogli, di denti e di aguglie. Quell'insieme di ghiacci frastagliati, a picco, o strapiombanti sui profondi crepacci che li intersecano, forma i cosiddetti *saracs*, tanto terribili nel linguaggio degli alpinisti, come quelli che rendono le salite e le traversate dei ghiacciai sempre difficili, sovente impossibili, o terribilmente pericolose. Nulla di più orribilmente poetico di codesti *saracs*, dove le aguglie, i denti, e i massi di ghiaccio strapiombanti, formano un complesso indescrivibile, ed una viva immagine del caos.

Se il ghiacciajo può considerarsi orograficamente come un piccolo continente, irto di rilievi d'ogni maniere, morbidi od aspri, solcati da valli e burroni, non gli manca dal lato dell'idrografia quanto più valga a renderne verace il paragone. Durante l'estate principalmente la superficie del ghiacciajo è tutta un disgelo. Da ogni più piccola ondeggiatura scola un ruscello, che tosto un altro ne incontra, poi molti altri ancora. Tutti insieme confluendo entro un letto di azzurro cristallo, ne nasce un torrentello, quindi un torrente. Così da torrentelli e torrenti è dovunque solcato da monte a valle la superficie del ghiacciajo. I torrenti nudriti dagli sterminati ghiacciai polari, come li descrive l'Helland, possono ben dirsi fiumi. Di rado è però che una di queste correnti glaciali giunga fino al termine del ghiacciajo stesso. Per la massima parte, dopo corso non lungo, incontrano un crepaccio, e sono costretti a precipitarvisi. Si crea così un abisso, per cui l'acqua della superficie, formando una cascata, precipita fino al fondo, e batte la roccia, su cui posa il ghiacciajo sul fondo della valle. Così le acque superficiali finiscono col radunarsi tutte insieme sotto il ghiacciajo: e questa è l'origine principale di quel torrente che, più o meno gonfio, sbuca dal ghiacciajo stesso. Non altra sorgente hanno d'ordinario i grandi fiumi, che discendono fino al mare dai grandi rilievi del globo. Quegli abissi, da cui si precipitano i torrenti dalla superficie dei ghiacciai, chiamansi *mulini*. E da essi ebbero ori-

Digitized by Google

gine certamente molte di quelle cavità, ossia di quei pozzi, scavati nel vivo delle rocce, ora allo scoperto, e furono chiamate *marmitte dei giganti.*

Per compire la descrizione sommaria d'un ghiacciajo alpino, ci porteremo alla sua estremità inferiore, dove è aperta la cosiddetta *porta del ghiacciajo* da cui sbuca,

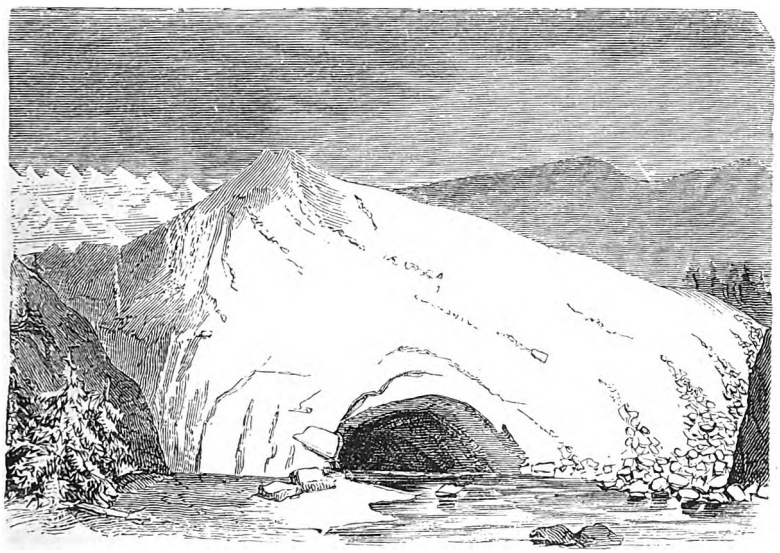


Fig. 223. — Porta del ghiacciajo di Zermatt.

come abbiamo già detto, il torrente, nudrito dalla confluenza dei torrentelli superficiali per via dei mulini, e dalle acque che sgocciolano, filtrando attraverso il ghiaccio, il quale, dalla superficie del fondo nella calda stagione, ed anco nella fredda, a poca profondità dalla superficie, si mantiene in uno stato di perfetta dissoluzione. I ghiacciai, quando s'arrestano sopra un piano, o sul fianco di una valle abbastanza aperta, terminano con una fronte che disegna sul suolo dove posano una curva più o meno risentita, come sarebbe una massa duramente pastosa, che sia libera d'espandersi, nell'atto ch'esce da un canale. Questa curva frontale è in perfetta corrispondenza cogli ultimi ogivi. La fronte stessa presenta d'ordinario un pendìo ripidissimo, sicchè di solito il ghiacciajo da quella parte riesce inacessibile, e bisogna pigliarlo di fianco. Alla base, di mezzo alla fronte, in corrispondenza colla linea più profonda della valle, osservasi una caverna, talvolta molto vasta ed alta, in forma di una gran porta ad arco, o meglio dell'imbocco di un gran *tunnel.* È questa appunto la porta del ghiacciajo. I ghiacciai delle Alpi ne offrivano, vent'anni or sono, degli esempi meravigliosi, com'è quello per esempio che presenta la figura 223, in cui è disegnata la porta del ghiacciajo di Zermatt, nell'epoca in cui divenne l'oggetto principale degli studî dei geologi svizzeri, che si occuparono di questo argomento. La *porta* del ghiacciajo di Chamonix poteva paragonarsi, quand'io la vidi nel 1847, all'ingresso di una grande cattedrale gotica, alto per lo meno 60 o 70 metri, e tutta scavata nel ghiaccio più puro e trasparente. Ma questi meravigliosi edifici furono i primi a soffrire gli effetti della dissoluzione in quel periodo di regresso, che dura da forse trent'anni. Quelle porte furono sfondate, sicchè appena alcuna si troverebbe in oggi che risponda, almeno da lontano, all'ideale descritto dai fisici.

8. Questa descrizione sommaria dei ghiacciai limitossi finora ai soli accidenti presentati dal ghiaccio che li costituisce. Bisogna dire di altri, interessantissimi per la geologia, che si riferiscono invece al detrito roccioso che si vede invariabilmente sparso, o per dir meglio distribuito sulla superficie del ghiacciajo.

Ogni ghiacciajo porta sui lembi laterali, dritto o sinistro, un'orlatura rocciosa, quasi un cordone, composto di detrito d'ogni forma, cioè di fango, di sabbia, di ciottoli, di massi d'ogni dimensione, che giungono sovente fino a quelle di grandi rupi, posti a giacere sul ghiaccio. Tutti questi detriti formano insieme una massa caotica, senza distinzione d'elementi. Queste masse si chiamano *morene.* Ogni ghiacciajo ne ha per lo meno due, come s'è detto, cioè *morena laterale destra*, e *morena laterale sinistra.* Ambedue si vedono crescere d'altezza e d'estensione da monte a valle. Se due ghiacciai confluiscono insieme, le due morene laterali rispettivamente interne, si congiungono, e si fondono in una *morena mediana.* Il numero di tali morene composte cresce di uno, ad ogni confluire di un nuovo

Digitized by Google

ghiacciajo, e nascono così le *morene intermedie*, il cui numero può crescere indefinitamente, col moltiplicarsi dei confluenti. Però le *intermedie*, isolate a monte, tendono facilmente ad avvicinarsi a valle, ed a fondersi tra esse, finchè talvolta finiscono a riunirsi o tutte o in parte con l'una o con l'altra delle laterali. Così avviene che un ghiacciajo; ricco di morene intermedie nella sua regione superiore, non ne presenti più nessuna nell'inferiore, come si osserva, per esempio, nella fig. 224.

Le morene laterali così accresciute, colle intermedie, che possono giungere fino all'estremità inferiore dei ghiacciai, finiscono col riunirsi all'estremità del ghiacciajo stesso formando alla sua fronte una specie di cintura rocciosa, più o meno perfetta, che si chiama *morena frontale*, come si vede nella fig. 224. La suddetta cintura però è sempre rotta almeno in un punto, che è quello per cui sorte il torrente che continua a scorrere giù per

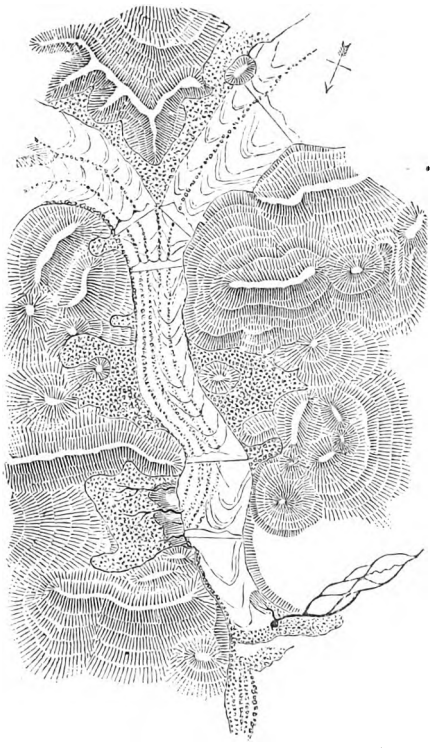


Fig. 224 — Topografia della Mer de glace a Chamonix.

la valle. Se poi un ghiacciajo incontra lungo il cammino, ovvero verso il suo confine a valle una rupe, che lo obblighi a dividersi in due, allora il detrito morenico si vede arrestarsi contro la stessa rupe a monte, sicchè ne risulta una morena, che si chiama *morena d'ostacolo*.

Per tutte queste particolarità, si osservi la *Topografia del ghiacciajo della Pasterze* (Tav. X) copiata dalla grande tavola pubblicata dai fratelli Schlagintweit, che l'hanno rilevato in tutte le sue particolarità nella loro grande opera *Geografia fisica delle Alpi*. A questa *Topografia* potrà il lettore riferirsi per tutte quante le più minute specialità risguardanti la costituzione dei ghiacciai alpini, con tutti gli accessorî relativi alla distribuzione delle morene, ed alle acque che agiscono sul ghiacciajo o lateralmente al medesimo.

« Il ghiacciaio veramente tipico di Pasterze (Pasterzen Kees) spetta al gran gruppo del Gross Glockner (m. 3797), il maggior colosso dei Tauern e delle Alpi orientali, e scende a sirocco formando la più alta testata della valle carinziana del Möll (Möllthal). Secondo per vastità fra' ghiacciai delle Alpi orientali, dacchè non è superato se non da quello di Gepatsch nel gruppo della valle dell'Oetz (Oetzthal), e nono fra i ghiacciai dell'Europa, si estende esso per non meno di 10 chil. in lunghezza, sopra una larghezza che arriva anche a 5 chilom. e più ancora in qualche località. Però parte di questa estensione è occupata dalla gramolata (firn), ond'è che la sua vera lunghezza si riduce a circa 6 chil. sopra una larghezza variabile da 1 chil. ad $1\,^1/_2$. Quindi se anche l'area del ghiacciaio reale si riduce da 27 chilom. quad. a poco più di 6 ch. q., è sempre un vasto campo quello ivi occupato dal gelido elemento.

Lo indicammo come ghiacciajo tipico, sì per la sua forma a gradinate, sì per le singolari caratteristiche di tutti i fenomeni proprii ai ghiacciai ch'esso presenta. Curioso già quel suo piano medio (Mittlerer Pasterzen Kees Boden), incurvato lievemente ai lati e che, facilmente accessibile, si spinge con lieve pendìo fra le enormi pareti del Freiwand e del Glockner (3797^m) la cui piramide spicca acuta nel cielo: interessanti quei crepacci a reticolo, dove i raggi del sole avvivano ogni giorno una idrografia specialissima, formata da miriadi di ruscelli, cui son tomba i rumorosi e profondi gorghi (moulins) cilindrici, vere marmitte di giganti, e i frequenti macigni a cappello o a tavola, spesso sorretti in bizzarre pose d'equilibrio; ma mirabile sopra tutto la regolare e geometrica distribuzione delle morene sovr'esso, siffatta da parere opera dell'uomo piuttosto che della natura. Specialmente se viste dall'alto (come al 7 agosto del 1882 toccò a me (1) che dalla cima del Glockner scendeva pel ghiacciajo dell'Hoffmann) le morene laterali di destra e con esse la mediana si allineano così parallele, ed uniformi da aver sembianza di guide di ferrovia, collocate sopra un piano ad arte livellato. Ma esso mostra altresì in

(1) Questa descrizione del ghiacciajo di Pasterze è del Prof. Marinelli.

Digitized by Google

modo cospicuo la congiunzione e l'accrescimento delle varie morene, delle quali quelle di destra appaiono più ricche, in quanto ricevono ben più largo tributo di detriti dagli erti, frastagliati e pericolosi ghiacciai, che scendono dall'alto dossone interposto fra lo Schwert, il Glockner, l'Eiskögele e l'Hohe Riffl, che non ne ricevano quelle di sinistra, alle quali sovrastanno vette più modeste, e più ancora la comparsa delle morene *nascenti* già formate nella superiore regione del nevischio e solo affioranti in questa qualche centinaio di metri più depressa e quindi in tali condizioni, nelle quali la liquefazione del ghiaccio, e la conseguente ablazione son più abbondanti.

La regione della gramolata (Oberer Pasterzen-Kees Boden) che occupa pressochè tutto l'anfiteatro del ghiacciajo superiore e che apparisce frastagliata e rotta in tutti i sensi, è alta intorno a 2900m sul mare, mentre il piano medio, dai 2500 circa, scende rapido dapprima, poi sempre più dolce, fin quasi alla così detta Altura Francesco Giuseppe (Franz Josephs Höhe). Qui esso a 2255m fa un ginocchio che dà origine a un infinito numero di crepacci e di aguglie e che separa il ghiacciaio medio dall'inferiore (Unterer Past. Kees Boden). Quest'ultimo scende rapido e da ultimo resta diviso in due da una roccia, a lato della quale si aprono le due porte principali del ghiacciaio, di cui quella a destra riceve alimento dal Grüner See, piccolo laghetto glaciale, oggi in gran parte scomparso. Un'abbondante e splendida flora alpina, qui presso la Glockner Haus, generando il verde più incantevole che occhio di pittore possa desiderare, segna il limite inferiore del tetro regno glaciale ».

Oltre il detrito, che si vede distribuito in morene, ce n'ha dell'altro, in quantità molto minore, il quale è sparso come a caso sulla superficie del ghiaccio. Qua e là per esempio si notano i cosiddetti mucchi di sabbia, che rivestono un cono di ghiaccio sporgente dalla superficie. Sono poi molto meritevoli d'osservazione quei massi che i Tedeschi chiamano *gletscher-tisch*, e i francesi *tables du glacier*, che noi tradurremo *deschi del ghiacciajo*. Sono massi sbrancati, talvolta di dimensioni enormi, elevati sopra certi piedestalli di ghiaccio, per cui si rassomigliano ordinariamente a funghi di pietra col gambo di ghiaccio. La fig. 225 presenta uno de' più bizzarri di tali deschi, da me osservati sul ghiacciajo di *Roseg* nell'Engadina.

Se ci facciamo ad osservare, in quanto è possibile, la superficie inferiore del ghiacciajo,

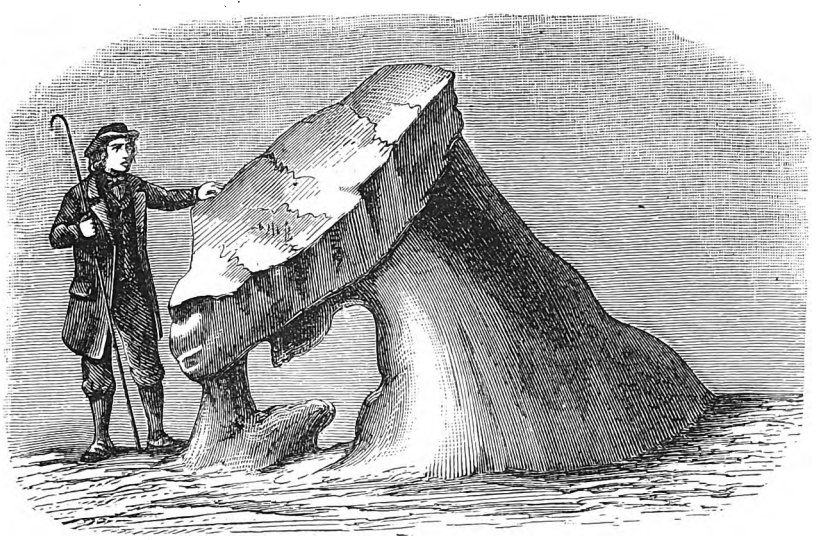


Fig. 225. — Desco sul ghiacciajo di Roseg nell'Engadina disegnato dall'autore nel 1862.

troviamo che sovente essa è distaccata dalla montagna, fino alla profondità di alcuni metri. Questi vani laterali, che talvolta hanno forma di caverna, e la porta del ghiacciajo, per la quale si può penetrare, non senza grave pericolo, tra il ghiaccio e il fondo della valle, sono i soli punti dove la superficie inferiore del ghiacciajo si rende visibile. Basta però per mettere in chiaro come le linee ogivali si disegnano in linee approssimativamente orizzontali anche sui fianchi del ghiacciajo, il quale per ciò si mostra formato di strati sovrapposti di ghiaccio, entro i quali non è raro di scorgere ciottoli, massi, o minore detrito, da cui si desume che il detrito roccioso è sparso, non solo alla superficie, ma anche dentro la massa del ghiacciajo. I vani laterali lasciano anche scorgere il fenomeno interessantissimo della lisciatura e dell'arrotondamento, invariabile caratteristica delle roccie su cui posa il ghiacciajo, dovunque si arrivi a scoprirle. Uno di questi vani laterali è presentato dalla fig. 226, la quale lascia vedere anche come facilmente i massi componenti le morene laterali vi cadono, formando dei cumuli tra il ghiaccio e la rupe che lo incassa.

Digitized by Google

9. Passando ora a cercare le ragioni dei descritti fenomeni credo anzitutto necessario di sancire e di spiegare un fatto da cui tutti dipendono, come da prima condizione. Questo fatto è che il ghiacciajo si muove. Esso cioè

Fig. 226. — Vano di un ghiacciajo tra il ghiaccio e il fianco della valle.

discende, scorre giù per la valle, precisamente come fosse un fiume.

Primo argomento del suo moto, è già la sua esistenza. Come in fatto si mantiene il ghiacciajo? Forse per neve che cada immediatamente in seno della valle? Non già, mentre ci troviamo al disotto, e sovente molto al disotto della regione delle nevi perpetue. Dove esiste il ghiacciajo, non c'è verso che la neve dell'anno possa resistere ai calori estivi. Il ghiacciajo infatti si mostra sovente già in primavera affatto spoglio di nevi. Al livello del Gran S. Bernardo (2474^m), per esempio, la neve che cade d'inverno fu vista raggiungere talvolta l'altezza di 15 metri. Eppure quel passo è affatto libero durante l'estate. Bisogna dire dunque che il ghiacciajo sia alimentato dalle nevi persistenti, che si mantengono nelle regioni più alte; il che è come dire che le nevi persistenti discendono ad alimentare il ghiacciajo, cioè che il ghiacciajo si muove. La controprova del fatto è fornita dalle stesse nevi persistenti. Infatti se queste non si scaricassero verso il basso, mediante un movimento di discesa, si accumulerebbero d'anno in anno indefinitamente. Ormai tutte le cime delle Alpi sarebbero uguagliate, e tutte le depressioni colmate. Le Alpi non potrebbero presentarsi che sotto la forma d'una grande muraglia di neve che tende d'anno in anno ad elevarsi verso il cielo. Il ghiacciajo è quello appunto che serve a scaricare le nevi perpetue, e può quindi, non soltanto in via di paragone, ma in realtà definirsi come emissario delle nevi perpetue.

Il movimento dei ghiacciai è del resto un fatto accertato, che era noto anche assai prima che la scienza venisse ad accertarlo per mezzo dell'osservazione e della esperienza. I mezzi impiegati dagli esperimentatori furono quelli di tener dietro allo spostamento dei massi, componenti le morene, o dei piuoli impiantati espressamente nel ghiaccio a questo scopo. Ciascuno intende facilmente come, tirando, mediante un canocchiale, od altrimenti, una visuale verso un punto fisso preso sulla montagna che fiancheggia il ghiacciajo, possano avvertirsi e misurarsi anche i più piccoli spostamenti che il ghiacciajo stesso presenti in tutti i sensi, e su tutti i punti possibili. Così si potè stabilire il fatto che il ghiacciajo scorre dall'alto al basso, assiduamente d'inverno e d'estate, di giorno e di notte, precisamente come farebbe un fiume, salvo quella lentezza, per la quale il movimento del ghiacciajo riesce ben difficilmente percettibile alla vista.

Il movimento del ghiacciajo però non è uniforme per tutti i punti del ghiacciajo medesimo, nè si opera sempre nei singoli punti nella medesima misura. Il suo moto invece, e le variazioni di esso sono governati da certe leggi, che si possono formulare colle proposizioni seguenti:

1.° Il movimento di discesa d'un ghiacciajo è massimo nel mezzo, minimo sui lati, crescendo o diminuendo con regolare gradazione, partendo dalla linea mediana verso i lati, o viceversa.

2.° La stessa legge si verifica sulla sezione verticale del ghiacciajo. La velocità è massima alla superficie, minima al fondo, con tutte le gradazioni nel mezzo.

3.° La velocità è proporzionale alla ripidezza del pendìo, cioè cresce o diminuisce secondo il crescere o il diminuire del pendìo stesso.

Digitized by Google

4.° La velocità relativa del ghiacciajo è in tutti i punti proporzionale alla sua potenza: cioè i ghiacciai sono tanto più veloci, quanto è maggiore la massa, e quindi l'altezza del ghiaccio di cui è composta.

5.° La velocità del ghiacciajo varia secondo i giorni e le stagioni: in genere è maggiore di giorno che di notte; d'estate che d'inverno. Si può stabilire la massima che la velocità è tanto maggiore quanto più alta è la temperatura interna ed esterna, e quanto è maggiore lo stato di madefazione, cioè la quantità delle acque circolanti nel ghiacciajo.

Quanto al valore assoluto delle massime che raggiunge il moto de' più grandi ghiacciai delle Alpi si può stabilire nella cifra di circa 20 centimetri al giorno. La massima velocità osservata in un giorno estivo fu di un metro o poco più. Ma per gli enormi ghiacciai polari, forse cento volte più potenti dei maggiori ghiacciai alpini, la velocità è anche cento volte maggiore. Per due ghiacciai della Groenlandia, che non sono certamente i maggiori, l'Helland verificò le seguenti cifre di velocità in 24 ore:

Torsucatac $10^m,16$
Jakobshavn $19^m,54$.

Chiamo tutta l'attenzione del lettore su questo fatto della perfetta identità tra le leggi stabilite che governano il movimento dei ghiacciai, e quelle che si verificano pel movimento dei fiumi. Anche la velocità di un fiume è massima alla superficie (1), minima sul fondo; massima nel mezzo, minima sui lati; cresce o diminuisce col crescere o col diminuire del pendìo. Quanto al variare per giorni e stagioni, questo pel ghiacciajo dipende, come vedremo in seguito, da quel grado maggiore o minore di fluidità che acquista colla maggiore o minore temperatura, e quindi collo stato di madefazione più o meno abbondante. Ma anche questo è in corrispondenza con altra delle leggi idrauliche che reggono il movimento dei liquidi, dove si trova che la velocità è tanto maggiore quanto il liquido è più sciolto e scorrevole, e tanto minore, quanto il liquido stesso è glutinoso e denso.

10. Quali sono le cause di questo movimento dei ghiacciai, che si assomiglia così perfettamente al movimento idraulico dei liquidi? — Molto se ne discusse, e molte ipotesi si misero in campo, che noi possiamo trasandare per brevità, mentre ormai le cause del movimento dei ghiacciai possono spiegarsi con una teoria razionale, appoggiata in tutto e per tutto all'osservazione ed alla esperienza. Quando si dice che i ghiacciai, prescindendo dalla maggiore lentezza, e da altre differenze affatto accidentali, scorrono precisamente come i fiumi, si è detto tutto. Per spiegarci, lasciata da parte anche ogni questione sulle differenze reali o meno per cui i solidi si distinguono dai liquidi, per non invadere il campo della fisica filosofica, diremo che proprietà universale dei corpi solidi, liquidi o aeriformi è la *plasticità*. Essa consiste nella proprietà che hanno le molecole, anche dei corpi più rigidi, di spostarsi, scorrendo l'una su l'altra in tutti i sensi, senza rompere la mutua adesione. Conseguenza di questa plasticità è quella di poter prendere una forma qualunque, riempiendo qualunque vacuo a pareti resistenti, cioè modellandosi entro di esso, come farebbe una pasta entro uno stampo. Plastici al massimo grado sono i liquidi; un po' meno i corpi pastosi; meno ancora i corpi malleabili, quali sono i metalli. Ma molti fatti che entrano nel dominio della geologia, dimostrano la plasticità anche delle rocce più dure, quali sarebbero il calcare e i graniti. Questa plasticità tuttavia, per cui i corpi possono spianarsi e scorrere in uno o in altro senso, non si manifesta che sotto l'azione di una forza che tende a comprimere i corpi, e a vincere la mutua coesione delle molecole, senza staccarle producendo una rottura. Un liquido, per esempio, si spiana e scorre da sè per effetto della sola forza di gravitazione. Lo stesso, ma con maggior lentezza e minor perfezione fanno i corpi mollemente pastosi. Se questi sono molto duri e tenaci, come la cera e la pece, converrà comprimerli, perchè sia messa in giuoco la loro plasticità. Quanto ai metalli, per determinare gli stessi effetti, bisognerà ricorrere al martello od al laminatojo. Tuttavia a questa aggiunta di una forza comprimente di qualunque genere, si potrà supplire aumentando l'effetto della forza di gravità, cioè aumentando l'altezza della massa di quel corpo che si vuole comprimere. Allora quel corpo si spianerà da sè, precisamente come fanno i liquidi. Così per esempio, una palla di cera, od anche di piombo, che rimarebbero affatto immobili sopra un piano finchè hanno

(1) Qui non si tien calcolo del rallentamento che subisce la superficie dei fiumi per l'atrito contro l'aria, principalmente se soffia un vento in direzione contraria alla corrente. Questo rallentamento non può che riuscire impercettibile alla superficie di un ghiacciajo, stante la grande resistenza che esso presenta per effetto della sua coesione troppo maggiore di quella dell'acqua.

Digitized by Google

soltanto certe dimensioni, sarebbero schiacciati sotto il proprio peso, cioè si muoverebbero dilatandosi in tutti i sensi, quando fossero convenientemente ingrossate.

Ora l'esperienza ha dimostrato che appena si mostrino gli effetti della plasticità, i movimenti che subiscono i corpi compressi, sono movimenti idraulici, cioè simili anzi affatto identici ai movimenti dei liquidi. Il prof. Trezza, fisico di Parigi, ha eseguite diverse esperienze sui metalli più malleabili, e il risultato fu questo appunto che compressi, schiacciati, ecc. scorrono precisamente come farebbe un liquido; tanto che potè scrivere la sua celebre memoria intitolata *De l'écoulement des solides*.

Tornando al ghiacciajo, l' osservazione e l'esperienza hanno dimostrato che il ghiaccio, ad onta della sua apparente rigidezza, è tra i corpi solidi, uno dei più plastici. Prima delle celebri esperienze di Tyndall, altre molto più concludenti erano state eseguite, le quali, dimostrando affatto arbitraria e superflua la cosiddetta teoria del rigelo, proposta dallo stesso Tyndall, dimostrano come il movimento dei ghiacciai si riduce ad un semplice movimento idraulico, dovuto alla plasticità del ghiaccio, messa in atto dalla forza di gravità, ossia dal peso della massa del ghiacciajo, che esercita una forza di compressione sopra sè medesima. Il complesso delle esperienze a cui alludiamo, comprese quelle di Tyndall dànno infatti questo risultato, che basta comprimere il ghiaccio, perchè esso prenda qualunque forma gli si vuol dare, modellandosi entro un vacuo resistente qualunque, come farebbe un liquido, od un corpo pastoso. Un pezzo di ghiaccio si può, colle debite cautele, schiacciare, spianare, stirare, torcere, precisamente come si farebbe con una pasta. La cosa va a tal punto che, riempiendo di ghiaccio un vaso qualunque, in fondo al quale sia praticato un foro come si farebbe ad una botte per metterle una spina, poi comprimendo debitamente lo stesso ghiaccio, lo si vedrebbe uscir fuori, come farebbe un liquido, o più propriamente una pasta. Eward William, riempita d'acqua una bomba, e tappatala a tutta forza con tampone di ferro la pose a gelare. Suo scopo era quello di esperimentare la forza di dilatazione dell'acqua nel suo passaggio dallo stato liquido al solido. Dopo qualche tempo difatti il tampone fu lanciato a più di 400 piedi di distanza, e dal foro della bomba sbucò, perfettamente modellato dal foro stesso, un bocciuolo o cilindro di ghiaccio, della lunghezza di otto pollici, precisamente come si trattasse di burro strizzato da una siringa. In altre esperienze il tampone resistette; la bomba crepò; ma dalla crepatura schizzò fuori una lamina di ghiaccio, quasi una cresta di gallo, modellata dalla crepatura stessa (1). Da queste esperienze risulta anzitutto che il ghiaccio è un corpo elastico, per cui compresso, reagisce come farebbe una molla od un gas. Non si spiegherebbe diversamente la lanciata del tampone a quella grande distanza. Risulta in secondo luogo che il ghiaccio è plastico, e capace di scorrere a modo di una pasta qualunque. Le esperienze dell' Eward William mi avevano già condotto da lungo tempo ad ammettere come dimostrato essere il ghiaccio talmente plastico, che, compresso entro la campana del pastajo, quand'essa fosse abbastanza resistente, passerebbe attraverso i fori dello stampo, uscendone vere paste di ghiaccio. Infatti nel 1879, in pubblica adunanza a Firenze, dopo aver ripetute, mediante un compressore idraulico, le esperienze di Tyndall, ho eseguita anche questa di comprimere il ghiaccio entro una piccola campana di bronzo, sforata a fessure orizzontali strettissime sul modello di quella dei pastai, e potei mostrare vere tagliatelle, finissime e ricciute, sul preciso modello di quelle di pasta di farina che si vendono alla bottega.

Del resto il migliore esperimento per dimostrare la fluidità plastica del ghiaccio, è quello eseguito sotto i nostri occhi continuamente dalla stessa natura mediante il ghiacciajo. Questo infatti non è altro che una massa di ghiaccio che discende spontaneamente, scorre come un fiume, dilatandosi dove la valle si dilata, restringendosi dove si restringe, curvandosi e serpeggiando dove si curva o serpeggia, dividendosi dove si divide, insinuandosi con laterale espansione dove c'è un seno, modellandosi insomma perfettamente entro la valle stessa come entro uno stampo, e tutto ciò senza rompersi, come farebbe una corrente di cera o di pece, e seguendo in tutto e per tutto, come farebbe un fiume le leggi idrauliche che governano il movimento dei liquidi. Con questo, ritornando sui fenomeni già sommariamente descritti, ci sarà facile trovarne la spiegazione. La prima cosa da spiegarsi è come il ghiacciajo si formi.

11. Durante l'estate sovente sulla cima delle Alpi cadono neve in fiocchi, nevischio e gran-

(1) DAGUIN, *Traité de physique.*

Digitized by Google

dine come nelle regioni più basse nell'inverno. Ma presto anche lassù tutto disgela o svapora, senza nessun guadagno nè per le nevi persistenti nè pei ghiacciai. D'inverno invece il freddo intenso strizza, per dir così, gli atomi di vapore dall' atmosfera, che si cristallizzano in pagliette od aghi finissimi, e cade una neve così fina, che è capace di penetrare, per modo di dire, attraverso ai vetri, come si direbbe che faccia la polvere della via in una giornata di vento. Questa polvere di neve si incolla sulle rupi più aspre, sui pendî più dirupati. Spigoli e aguglie di monti divengono basi di edificî strapiombanti. Tutto è effimero però. Quegli edificî si sfondano; a cento a cento cadono le valanghe; la neve sdrucciola sui piani inclinati così, che interi pendii di monte se ne spogliano in un attimo. Tutta quella neve finisce per raccogliersi sui fondi solitarî dei circhi e delle valli più elevate delle Alpi. Se il vento soffia, fumano i monti; turbini e colonne di neve, quasi massi di vapori, veggonsi sollevarsi dalle creste dentate. Non l'uragano soltanto, che spoglia con rapidità meravigliosa di neve i monti, ma basta la più piccola brezza a sollevare quella polvere finissima, la quale ricade nel vano delle sottoposte valli. È dunque un lavorìo continuo d'inverno come d'estate a spogliare di nevi le cime, per accumularle nelle parti depresse. In queste depressioni dunque, dove la neve che cade spontanea potrebbe attingere annualmente soltanto qualche decina di metri d'altezza, può di seconda mano raggiungere un'altezza di centinaja di metri. Ecco l'origine di quei campi o mari di neve, che pianeggiano per miglia e miglia nelle più elevate e riposte regioni delle Alpi. Quelle nevi naturalmente accolgono d'anno in anno sempre nuovo tributo; e le depressioni s' uguaglierebbero alle altezze, come avviene sopra un tetto coperto di embrici o di tegole, se la natura non avesse provvisto a dare uno sfogo alle nevi.

Ma noi vediamo come la neve tenda già per sè a discendere verso il basso, formando talora quasi dei festoni pendenti dalle nostre grondaje. Al tempo stesso la nuova neve comprime la vecchia. Ecco già una causa per cui la neve tende a passare allo stato di ghiaccio. Sanno i monelli quanto dura diventi una palla di neve compressa nelle mani. Ho provato a comprimere della neve entro uno stampo di legno, mediante un piccolo torchio idraulico; e la forma cavatane era d' un ghiaccio compatto, benchè un po' poroso e biancheggiante. Dunque già nel circo, sotto una massa di neve, che può rappresentare molte atmosfere di pressione, la neve stessa può, anzi deve trasformarsi in quel ghiaccio bianco e poroso che caratterizza la regione superiore del ghiacciajo. La conversione della neve in ghiaccio si volle anche attribuire alla filtrazione delle acque, prodotte dal disgelo. Questa ci ha sicuramente la sua parte, perchè l' intridere nell' acqua una palla di neve basta già per darle una maggiore tenacità ed una certa apparenza di ghiaccio. Ma il passaggio dalla neve al ghiaccio avviene anche senza la filtrazione, stante la compressibilità, la plasticità e la facoltà di agglutinarsi che hanno i singoli cristalli di ghiaccio, che già realmente compongono la neve, sicchè essi si conglutinano e si fondono in un sol pezzo, come farebbero tanti briccioli di cera o di piombo convenientemente compressi.

Una volta che la neve s'è convertita in ghiaccio, non c'è più nessun mistero riguardo alla formazione del ghiacciajo. La neve tutta unita in una sola massa di ghiaccio entro il circo, ha acquistato quella fluidità che abbiamo riconosciuta nel ghiaccio. Fluisce dunque dal circo, e giù scorre, riempiendo il fondo della valle, come farebbe un fiume di materia pastosa. Ma mentre scorre, la compressione continua. C'è di più; ed è questo che essendo disuguale il movimento del ghiacciajo ne' suoi diversi punti, il ghiacciajo stesso diventa come uno spianatojo, o come un laminatojo, che spiana e lamina continuamente sè stesso. Gli strati superiori più veloci scorrono sugl' inferiori più lenti; le porzioni mediane d'ogni strato, sulle laterali, e così a vicenda si comprimono e si laminano. Il ghiaccio va acquistando un plasma sempre più perfetto, diventando sempre più duro e trasparente, come vedesi infatto nella regione inferiore e terminale. Gli ulteriori fenomeni sono tutti così facilmente spiegati. Passiamo in rassegna i principali che abbiamo descritti.

La *stratificazione* che abbiamo osservata nel ghiacciajo, e che è già distinta nella gramolata che riempe il circo, non è che la conseguenza del modo di formazione del ghiacciajo, il quale si forma, come abbiam detto, mediante la sovrapposizione degli strati di neve, a mano a mano cadenti. Gli strati del ghiacciajo rappresentano le successive nevate cadute successivamente in una serie d'anni, che può essere di cento e di mille.

Digitized by Google

Ogni singolo strato, stante il continuo disgelo a cui è soggetta la superficie del ghiacciajo, viene naturalmente a disegnarsi sulla superficie stessa, come farebbero le singole pagine di un volume. Ma ogni singolo strato, come tutto il ghiacciajo, si avanza più rapidamente nel mezzo, e rimane arretrato sui lati. Deve quindi disegnare una curva che si piega ogivalmente da valle a monte. Ecco l'origine degli ogivi.

12. Prima di procedere più oltre, dobbiamo però fermarci sopra un fenomeno, di cui abbiamo già parlato, come di cosa intesa, che non avesse nessun bisogno di spiegazione, intendo dire dello sgelo, ossia dell'ablazione, a cui il ghiacciajo è soggetto, principalmente d'estate. Questo fenomeno infatti non richiede nessuna spiegazione considerato in sè stesso; ma è necessario valutarne almeno la quantità, e vedere in quali rapporti si collochi cogli altri fenomeni, e specialmente col più fondamentale, che è quello del movimento.

Un fiume di ghiaccio, che giù per la valle lentamente discende, continuamente nudrito dall'alto, continuerebbe indefinitamente la sua via, se natura non gli avesse posto un confine. Mentre però guadagna nella discesa, ritrova un clima più dolce, e un sole più infocato che lo strugge. Così continuamente stremandosi, deve arrivare un punto, dove tutto il ghiaccio è consumato. È in quel punto che il ghiacciajo s'arresta, per lasciar luogo al fiume da lui generato e nudrito. C'è dunque un deciso antagonismo tra questi due fenomeni fondamentali cioè tra il movimento e l'ablazione; quello che mette in azione il ghiacciajo e tende a spingerlo lontano dalla sua origine; questa che tende ad arrestarlo ed a distruggerlo. I diversi fenomeni glaciali non saranno che l'espressione di questo antagonismo, cioè la risultante dell'azione combinata del movimento e dell'ablazione. Rivediamo anzitutto i fenomeni riferibili alla massa del ghiacciajo. Perchè anzitutto il ghiacciajo tondeggia, cioè si presenta, come si suol dire, a dorso di mulo? Ciò dipende dall'ablazione. Specialmente d'inverno, le rocce laterali tra cui scorre incassato il ghiacciajo, si riscaldano. Il calore irradiato agisce naturalmente con maggior forza sui lati del ghiacciajo che sul mezzo. Quelle dunque si consumano e si abbassano, mentre questo si mantiene, e apparentemente si alza. Ne risulterà appunto quella forma convessa, che abbiamo notata.

Quanto ai crepacci, abbiamo distinto i *longitudinali*, più radi e più lunghi, dai *trasversali* più spessi e più corti. Cominciamo a dire che, se il ghiaccio è plastico, non lo è tanto che non possa spezzarsi, quando fosse con troppa violenza stirato. Ma un effetto dell'ablazione è anche quel vano, talora molto profondo, che abbiamo notato sui fianchi del ghiacciajo tra la roccia e la parte superiore del ghiaccio. Vi sono dunque, come mostra

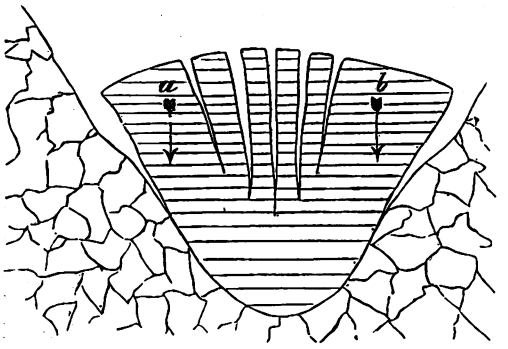


Fig. 227. — Crepacci longitudinali.

la fig. 227 due pesanti porzioni, *a* e *b*, che rimangono sospese senza nessun appoggio. Queste, sollecitate dal proprio peso a cadere, quindi a staccarsi dal ghiacciajo, esercitano naturalmente una forza di trazione sulle parti medie del ghiacciajo, in direzione trasversale al ghiacciajo stesso, tendendo quindi a romperlo. È legge di meccanica che la rottura di un corpo avviene nel senso normale alla direzione della forza di trazione. Quando questa sia sufficiente, il ghiacciajo si spezzerà dunque longitudinalmente. Che si produca una sola rottura, o se ne producano parecchie, la cosa avviene sempre ugualmente, e per le stesse ragioni. I crepacci sui ghiacciai, benchè avvengano talvolta con terribile scrosci, sono da principio semplici incriniture finissime: ma è facile intendere come una volta che sia tolta la continuità e rotta la coesione della massa, le incriniture divengono spaccature ed abissi, della larghezza di qualche metro, che possono fendere il ghiacciajo dal sommo all'imo.

I crepacci trasversali (Fig. 228) avvengono allo stesso modo; ma qui la forza di trazione è determinata da un'altra causa. Abbiamo detto che il movimento del ghiacciajo è tanto più accelerato, quanto maggiore è il pendìo. La porzione di ghiacciajo che scorre più veloce sopra un pendìo più ripido, esercita una forza di trazione, in direzione longitudinale, sulla

Digitized by Google

parte meno veloce a monte, che scorre sopra un pendìo meno ripido. È facile quindi che il ghiacciajo si spezzi in uno o più luoghi, e le spezzature diverranno, per la legge suddetta, crepacci trasversali. Entra poi l'ablazione, la quale, investendo i prismi di ghiaccio, risultanti dall' incrociamento dei crepacci longitudinali e trasversali, li riduce in lamine, aguglie e sarac.

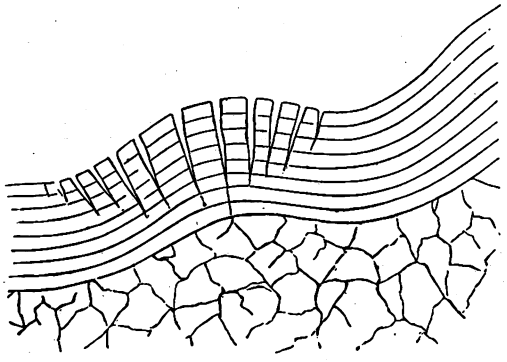


Fig. 228. — Crepacci trasversali.

I crepacci trasversali si mantengono sempre, nel punto dove nacquero? No; ma appena quella porzione di ghiacciajo abbia passato quel ripido pendìo, e il fondo della valle pianeggi, i crepacci si stringono, e le loro pareti si conglutinano, sinchè non ne rimanga più traccia. Così dicasi dei crepacci longitudinali, i quali si stringono e scompariscono, appena si stringa la valle entro la quale il ghiacciajo scorre incassato. Talvolta le valli alpine presentano dei salti. Un fiume vi precipiterebbe a cascata. Così fa il ghiacciajo. Esso scorrendo, si spinge sull'orlo dell'abisso, dove strapiomba sul vuoto. Ma finalmente il peso della massa strapiombante la vince sulla coesione. Il ghiacciajo cade così pezzo a pezzo al piede della rupe. Presto però i pezzi si conglutinano, il ghiacciajo si rifà, e prosegue la sua via. Si ammirano nelle Alpi vere cascate di ghiaccio, che imitano perfettamente, salvo la lentezza, le cascate dei fiumi.

Il ghiacciajo cammina e discende giù per la valle naturalmente fino a quel punto che gli è concesso dall' ablazione. È naturale quindi che un ghiacciajo faccia tanto maggiore cammino, quanto più è potente, cioè quanto maggiore è la massa, che può quindi resistere più lungo tempo alla liquefazione. Qui si dice che il ghiacciajo s'arresta. Ma veramente non s'arresta, e continua a scorrere. Soltanto, a mano a mano che il ghiaccio giunge a quel punto, si liquefa, e scompare, sicchè la fronte del ghiacciajo, mentre continuamente si rimuta, sembra immobile e sempre uguale a sè stessa.

Chi tuttavia avesse tempo d'osservare anche per pochi giorni, s'accorgerebbe facilmente che il ghiacciajo va soggetto a mutazioni continue, e che specialmente la sua fronte s'avanza e si arretra; il che vuol dire che tutto il ghiacciajo talora s'allunga, talora si accorcia per decine e centinaja di metri. Vedrebbe anche che il ghiacciajo stesso, mentre, s'allunga, anche si alza e si gonfia, e mentre si accorcia, anche risiede e si sgonfia. Il che vuol dire finalmente che il ghiacciajo oscilla, ingrandendosi o impiccolendosi in tutti i sensi, come farebbe un fiume soggetto a piene ed a magre; salvo però sempre quel certo limite verso il basso che al ghiacciajo è segnato dalla temperatura che lo strugge.

13. Le oscillazioni dei ghiacciai ne costituiscono il fenomeno più importante nei rapporti tanto colla geologia quanto colla geografia fisica. Possono distinguersi *oscillazioni annuali* a periodo determinato, e *oscillazioni secolari* o *storiche* a periodo indeterminato. D' ordinario il ghiacciajo si avanza d'inverno, benchè cammini più lento, e retrocede d'estate, benchè cammini più veloce. Il motivo è questo che, durante l'inverno, il movimento la vince sull'ablazione, essendo questa ridotta a pochissimo; mentre d'estate, l'ablazione, essendo abbondantissima, la vince sul movimento. Il valore di tali oscillazioni annuali, che è soltanto di qualche decina di metri pei grandi ghiacciai delle Alpi, si vide raggiungere la cifra di 150 metri nei piccoli. Si badi bene però che quando si dice che un ghiacciajo si avanza, si esprime quello che avviene realmente; perchè il ghiacciajo guadagna difatti terreno pel suo movimento, quando sia più abbondantemente nudrito, e quindi capace di resistere più lungamente alla totale ablazione. Se dico invece che il ghiacciajo s'arretra, parlo il linguaggio delle apparenze, ed esprimo l'effetto di una semplice illusione ottica. Il ghiacciajo di fatto continuamente s'avanza; ma se male nudrito, quindi più tardo e più piccolo, più presto si scioglie, per cui, rimanendo sempre più addietro, sembra di fatto arretrarsi.

Il valore delle oscillazioni annuali però è molto vario; può darsi quindi che in una serie di anni, arretrandosi un po' meno, e avanzandosi un po' più, perchè per una serie

Digitized by Google

d' anni più abbondantemente nudrito da nevi più abbondanti, si trovi finalmente a molta distanza dal suo limite primitivo. Si dica l'opposto, quando per una serie d'anni fosse nudrito più scarsamente. In un certo numero d'anni dunque, per esempio in un secolo, le oscillazioni d'un ghiacciajo, nel senso di un progresso, o nel senso di un regresso, possono acquistare un valore di uno, od anche di molti chilometri. È così che i geologi hanno potuto stabilire un'*epoca glaciale*, cioè un periodo di progresso, in cui i ghiacciai delle Alpi discesero sull' uno e sull' altro versante delle Alpi, fino ai piani, per esempio, in Lombardia fin presso Milano; poi un periodo di regresso, durante il quale gli stessi ghiacciai perdettero tanto, che si ritirarono fin entro i loro attuali recessi. Quello che s'è detto dei ghiacciai alpini, si ripeta di tutti i ghiacciai del mondo, i quali tutti in proporzione prima si avanzarono, invadendo vaste porzioni di continenti e di mari, poi si ritirarono entro i loro attuali confini. Queste oscillazioni geologiche però rimontano ad un'epoca molto anteriore alla comparsa dell'uomo.

La storia ha tuttavia registrate alcune di codeste secolari oscillazioni. Si ebbe per esempio un periodo di progresso dei ghiacciai alpini nel 1611, quindi un altro molto più sensibile dal 1815 al 1818. Certi passi alpini praticabili fra l' XI e il XV secolo, non lo erano più fra il XV e il XVIII. Noi siamo ora entrati da circa 30 anni in un gran periodo di regresso, il quale non accenna a chiudersi così presto. Per alcuni grandi ghiacciai delle Alpi fu misurato un accorciamento di oltre un chilometro. Le nevi persistenti sono scomparse in molti punti, e il loro limite s'è rialzato di più centinaia di metri. La catena delle Alpi, che appariva tutta nevosa trent'anni fa, guardata dai piani di Lombardia, ora si mostra in molta parte affatto nuda, ed anche nel resto piuttosto chiazzata che coperta di nevi. Queste oscillazioni secolari trovano la loro ragione nelle secolari differenze, cioè nei cicli meteorologici, certi benchè profondamente misteriosi, a cui vanno soggette quelle che per ciò appunto si chiamano *vicende meteorologiche*. L'osservazione e l'esperienza hanno però dimostrato che in questo fenomeno delle oscillazioni secolari prendono ben poca o quasi nessuna parte le vicende della temperatura, mentre la massima parte, per non dir tutta, si deve attribuire alle vicende che riguardano lo stato igrometrico dell'atmosfera, per cui si verificano un anno piuttosto che l'altro, anzi in una piuttosto che in altra serie d'anni, periodi di piogge, quindi di nevi diuturne e abbondanti, e periodi di lunghe siccità. Da circa un trentennio infatti noi siamo entrati in un periodo di siccità relativa, veramente fenomenale.

14. Tutti i fenomeni di cui s'è discorso, sono legati all'esistenza del ghiacciajo; vivono e muojono con esso, potendosi dare benissimo, come avvenne in questi ultimi anni per parecchi piccoli ghiacciai, che il ghiacciajo stesso interamente scomparisca. Ma quando il ghiacciajo sia scomparso, avrà sempre lasciate le traccie del suo cammino, e i monumenti della sua operosità, difficilmente distruttibili dai secoli. Questi monumenti, se interessano la geologia riguardo ai ghiacciai che furono, interessano la geografia fisica per riguardo ai ghiacciai che sono, dovendosi essi considerare come agenti operosissimi, che rappresentano perciò una parte importantissima nella grande economia del globo. Fissiamoci ora dunque su quel detrito roccioso, sparso o distribuito sul ghiacciajo, che l'accompagna in tutte le sue evoluzioni.

Qual'è l'origine di quei cumuli caotici, di quei treni regolari di fango, di sabbia, di ciottoli e di massi che navigano su quel fiume di ghiaccio? — Domandare donde viene quel detrito, è come domandare donde vengono il fango e la sabbia, che formano la torbida di un torrente e i ciottoli e i massi che esso va in giù ruzzolando sul proprio letto. Evidentemente dallo sfacelo delle circostanti montagne. Tra il fiume e il ghiacciajo c'è solo una grande differenza di coesione. Da essa dipende se un ciottolo cade al fondo di un fiume, mentre s'arresta alla superficie di un ghiacciajo.

Il fenomeno della *degradazione dei continenti*, importantissimo per la geologia, è fondamentale per la teoria glaciale. Non v'ha clima sì costante, non v'ha clemenza di cielo così assoluta, sotto cui le rocce non si guastino e non si sfascino. Naturalmente nelle più elevate regioni del globo le ragioni dello sfacelo si centuplicano. Umidità quasi costante, gelo e disgelo continuo. Lo sfasciamento ha luogo sopratutto sopra ai limiti delle nevi perpetue, ovunque si mostrano nude, stante la ripidezza che non permette alle nevi d'arrestarsi, le rupi che sovrastanno ai ghiacciai. Vi hanno nelle Alpi versanti di monti, dove voler perigliarsi, specialmente in prima era,

Digitized by Google

sarebbe un volere esporsi ad una continua mitraglia di massi cadenti. Dal granello che si stacca dalla rupe, alla frana che sdrucciola fragorosa dal pendìo del monte, è una continua valanga che cade in tutti i sensi verso il fondo delle valli. Se il fondo d'una valle è occupata da un ghiacciajo, il detrito naturalmente s'arresta sui fianchi di esso. Così si formano già per sè le due morene laterali. La convessità del ghiacciajo è un ostacolo insormontabile, che confina a destra il detrito che cade da una parte, a sinistra quello che cade dall'altra; per cui il detrito stesso forma una specie d'orlatura sui due lati del ghiacciajo, pigliando quella forma che hanno appunto le morene. Ma il ghiacciajo cammina, e le morene camminano con esso, continuamente ingrossando pel nuovo detrito che continua a cadere dalle rupi incassanti. Questa è una prima ragione per cui le morene laterali si vedono andar crescendo da monte a valle. Ne vedremo presto un'altra.

Oltre le morene laterali, ne abbiam viste altre sui ghiacciai, che chiamammo intermedie. La loro formazione è legata al fenomeno della confluenza dei ghiacciai, di cui diremo ora alcune parole. I grandi campi di neve e di ghiaccio sulle alture delle Alpi, occupano sovente enormi estensioni, le quali, se fossero spoglie di nevi mostrerebbero diversi bacini, o circhi, o fondi di valle, corrispondenti ai diversi versanti di quei gruppi di cime elevate, che costituiscono ogni grande rilievo. Ciascun campo di ghiaccio può aver quindi un gran numero di sbocchi, in corrispondenza colle singole valli che vi mettono capo. Da ciascun sbocco pertanto fluirà un ghiacciajo occupando il tronco più elevato di ciascuna valle. Ma le valli discendendo confluiscono tra loro, formando diversi sistemi di confluenti, che si congiungono in una, che si chiama *valle principale*. Confluiranno quindi anche i ghiacciai, come confluiscono i torrenti, per unirsi finalmente in un solo ghiacciajo sul fondo della valle principale. C'è però questa differenza tra il confluire dei fiumi e il confluire dei ghiacciai, che le acque che formano i primi, presto si mescolano insieme, confondendo insieme il detrito che porta ciascuno, mentre i secondi, stante la coesione molto maggiore del ghiaccio di cui sono composti, non fanno che accostarsi l'uno all'altro, saldandosi insieme cogli opposti fianchi, mantenendosi però distinto ciascuno, e rimanendo ciascuno col proprio detrito. Pertanto, se confluiscono due ghiacciai, confluiscono anche le morene; la morena destra cioè dell'uno, si unirà alla morena sinistra dell'altra: ne nascerà quindi una morena mediana. Se un nuovo ghiacciajo sopraggiunge, si unirà allo stesso modo a quello composto dei due, e allo stesso modo s'uniranno le morene nascendone una nuova morena mediana, che meglio chiamerassi *intermedia*. Così quanti saranno i ghiacciai che confluiscono a destra o a sinistra, altrettanto saranno le morene mediane od intermedie. La topografia del ghiacciajo di Chamonix (Fig. 224), mostra come esso sia fin dall'origine formato di due grandi ghiacciai, ciascuno dei quali è già formato per la confluenza di altri, cioè il destro dalla confluenza di tre, il sinistro dalla confluenza di due. Siccome son cinque i ghiacciai conflu-

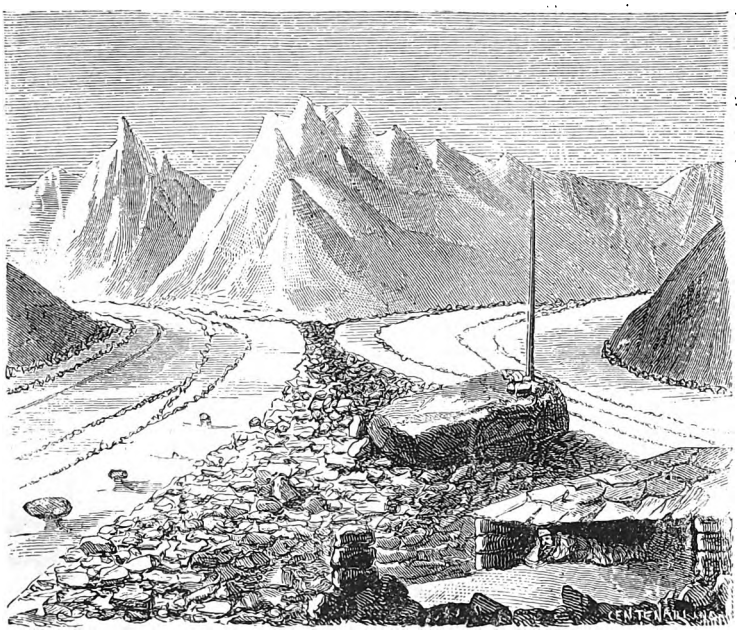


Fig. 229. — Veduta della regione superiore del ghiacciajo dell'Aar colla capanna di Hugi sulla gran morena mediana.

Digitized by Google

enti, avremo più basso, dove tutti si fondono in un solo ghiacciajo, oltre le due morene laterali, quattro intermedie. Un numero maggiore ne vediamo sul grande ghiacciajo dell'Aar (Fig. 229) dove però così ben si distingue per la sua posizione e pel suo enorme sviluppo la grande *morena mediana*, formata dalla confluenza dei due ghiacciai composti, che confluiscono ad una riguardevole distanza dalle rispettive sorgenti. Lo stesso si osserva sul ghiacciajo della Pasterze (Fig. 230).

Le morene, come abbiam detto, hanno forma quasi di cordoni rocciosi rilevati sulla superficie del ghiacciajo. Tale rilievo dipende forse soltanto dalla quantità di detrito di cui sono composti i singoli cumuli morenici? — No; il rilievo delle morene è più apparente che reale; non è attribuibile cioè che in minima parte alla quantità del detrito roccioso. Appena infatti si rimova con un piede il fango e la sabbia superficiale, appare il ghiaccio, e presto ciascuno sa bene che la morena è realmente un cordone rilevato di ghiaccio, sparso di massi, e tutto coperto di minore detrito. È così per esempio che la grande morena dell'Aar (Fig. 229) presenta sulla superficie del ghiacciajo un'altezza di oltre 40 metri, mentre l'altezza del detrito, prescindendo da quella dei grandi massi, sarà di un metro o poco più, od anche di pochi centimetri. Il rilievo delle morene è tutto un fenomeno di ablazione. Il sole dardeggia ugualmente i suoi raggi su tutto il ghiacciajo, che tutto alla superficie si scioglie, e s'abbassa. Ma il detrito morenico, appena sia un po' fitto, esercita naturalmente colla sua ombra e colla sua coibenza un'azione protettrice sul ghiaccio ch'esso ricopre. Mentre dunque la superficie del ghiacciajo si scioglie e s'abbassa, le zone coperte di detrito resistono e sembrano alzarsi, formando sotto il detrito stesso il descritto rilievo. Quei massi che abbiamo chiamati deschi del ghiacciajo (Fig. 225) rendono questo processo molto evidente. Un masso isolato protegge appunto coll'ombra sua quella piccola porzione del ghiacciajo ch'esso occupa. Ecco quindi come questa porzione formi a poco a poco un rilievo, quasi un piedestallo al masso protettore. Naturalmente quella specie di gambo, saettato anch'esso dal sole, dopo aver preso talvolta le forme più bizzarre, finirà collo struggersi talmente, che il masso precipiti, e vada altrove a crearsi un nuovo piedestallo. Questo avviene anche dei singoli massi componenti la morena, i quali sdrucciolerannno facilmente dai fianchi rilevati del cordone di ghiaccio. La conseguenza sarà questa, che la morena s'andrà facilmente allargando, e lo strato di detrito andrebbe a mano a mano scemando di spessore, se, come vedremo, nuovo detrito non venisse sempre aggiungendosi al vecchio, anche quando la morena si trova a distanza di miglia dalle rupi, che possono direttamente fornirgliene.

Fig. 230. — Gruppo delle morene del ghiacciajo di Pasterze.

Perciò appunto l'ingrandimento delle morene è tutt'altro che un fenomeno di semplice apparenza. Non parlo delle morene laterali, le quali, come abbiam detto, possono ricevere dalle rupi che incassano il ghiacciajo sempre nuovo detrito. Ho detto che s'accrescano realmente di sempre nuovo detrito anche le morene mediane, dove più si discostano dalle pareti rocciose della valle. Donde viene dunque il nuovo detrito che va a mano a mano aggiungendosi al vecchio? Si badi che la cosa va a tal punto che talora le morene, invisibili dove il ghiacciajo più s'accosta alle montagne che possono fornigliene, nascono come per incanto dal seno del ghiacciajo

Digitized by Google

stesso. Sono evidenti per questo fenomeno dell'ingrandimento delle morene anche medie o intermedie, la figura 229 della morena mediana dell'Aar, quella del gruppo delle morene della Pasterze (Fig. 230) e la topografia dello stesso ghiacciajo Tavola X.

Qui si vede chiaro che si tratta di un detrito il quale si trova già sparso nell'interno del ghiacciajo, e di là, comunque avvenga la cosa, viene a mostrarsi alla superficie di esso.

Gli alpigiani, che notarono la cosa assai prima degli scienziati, credettero che il ghiacciajo stesso avesse la facoltà di rigettare al di fuori i corpi che conteneva al di dentro. Essi si esprimono semplicemente col dire che il ghiacciajo vomita. E si direbbe invero che vomiti, mentre, osservando per esempio un masso che traspare appena dalla ghiaccia in cui è chiuso, lo si vedrà domani quasi sbocciare, poi tra pochi giorni svolgersi affatto e giacer libero sul ghiaccio. Quei montanari narravano e narrano sovente di oggetti caduti entro i crepacci, e dopo qualche tempo od anni se occorre, riapparsi alla superficie. La spiegazione che di questo fenomeno diedero primitivamente gli scienziati, non fu guari più felice. Ammisero infatti che dipendesse semplicemente dal rigelo delle acque circolanti entro il ghiacciajo. L'acqua nel congelare si dilata; dilatandosi sospinge i massi; così a poco a poco, spinti all'in su, i massi vengono a galla, lentamente si, ma su per giù come un pezzo di sughero monterebbe a galla dal fondo di un lago. Non pensavano che se l'acqua, la quale si congela sotto al masso entro la ghiaccia lo sospinge in su, in su sospinge ugualmente il ghiaccio che ricopre il masso stesso. Eccoci dunque entrati in un circolo vizioso, come sarebbe quello d'un uomo che volesse alzarsi sopra il proprio cappello che ha in testa, montando sopra una scala. La spiegazione di quel vomito è invece semplicissima: trattasi cioè di un fenomeno semplicissimo d'ablazione.

Per intendere la cosa riflettiamo che la vita di un ghiacciajo, come quella di un organismo, va divisa in due periodi, attivo l'uno, passivo l'altro, il primo d'incremento di deperimento il secondo. Vi ha cioè un periodo dove il ghiacciajo si fa; e questo dura fin tanto che la massa costituente il ghiacciajo si trova ancora entro i dominî delle nevi persistenti. Vi ha invece un periodo nel quale il ghiacciajo si disfa; e questo comincia dal momento in cui ha abbandonato i limiti delle nevi perpetue, e dura finchè non sia giunto in basso su quella linea estrema che segna la fronte ossia il termine del ghiacciajo. Nel circo, e finchè il ghiacciajo non ha oltrepassati i limiti delle nevi persistenti, esso cresce e si nutre continuamente, mediante la sovrapposizione degli strati di neve, che cadono d'anno in anno in inverno, e di cui riman sempre un residuo d'estate. Al dissotto del limite delle nevi persistenti, le nevi che cadono annualmente d'inverno, annualmente si sciolgono d'estate. Il ghiacciajo rimane così nudo, esposto ai calori estivi, sempre più attivi a mano a mano che esso raggiunge una regione più bassa. Il sole, investendo la superficie, la strugge, e così va levando via successivamente gli strati di ghiaccio di cui il ghiacciajo si compone, finchè, levato via anche il più profondo di essi, il ghiacciajo più non esiste. Troppo naturale quindi che un masso, il quale si trova per un supposto entro il ghiaccio alla profondità d'un metro, si trovi dopo qualche giorno d'estate alla superficie. Verranno più tardi i massi che si trovano a profondità maggiore; poi verranno gli infimi, finchè non vi sarà più nemmeno un ciottoletto che rimanga entro il ghiaccio o coperto dal ghiaccio, su quella fronte dove il ghiacciajo cessa d'esistere. Quel detrito, che si trovava entro la ghiaccia, sarà quindi venuto a mano a mano aggiungendosi a quello che già si trovava alla sua superficie. Le morene pertanto si saranno venute ingrossando ed allargando talmente che, se nella regione più elevata non formavano che alcune striscie distinte sulla nuda superficie del ghiacciajo, nella regione più bassa potranno coprirne una gran parte, od anche tutta. Il primo caso si verifica già nella regione molto elevata del ghiacciajo dell' Aar, come mostra la fig. 229. Ma lo stesso ghiacciajo dell'Aar presenta il secondo caso nella regione più bassa, specialmente nell'estrema, dove il ghiacciajo scompare affatto sotto le morene che lo ricoprono, benchè continui a sussistere e a camminare qualche chilometro dissotto ad esse.

15. Qui c'è una cosa importante da riflettere, ed è che il detrito, di cui le morene si compongono, è arrivato alla superficie per due diverse vie. Infatti nella regione morenica per eccellenza, che è quella dove il ghiacciajo si disfà, vi sarà un detrito, che può essere copiosissimo, il quale è venuto franando lateralmente dalle montagne tra cui scorre il ghiacciajo. Questo detrito, una volta posato sulla superficie, non può più essere sepolto

Digitized by Google

da nuovi strati di ghiaccio. Esso verrà dunque giù navigando sul ghiaccio, come su di un fiume farebbe una barca. Non c'è quindi nessuna ragione perchè si spezzi, si guasti o s' arrotondi. Un masso, che avesse per un supposto molte migliaja di metri cubici di potenza, una volta che, staccatosi dal monte, si trova a giacere sul ghiacciajo, non farà che scendere al basso lentamente, come fosse portato sopra una barella con tutti i riguardi possibili, conservando intatta la sua mole, e vivi i suoi spigoli. Questa è diffatti la forma che mostra il detrito morenico più grossolano, dove torreggiano sovente dei massi enormi, che sembrano divelti lì per lì dalle sovrastanti montagne. Si osservi per esempio nella fig. 230 la morena mediana della Pasterze, che è tutta un treno di rupi angolose, a spigoli taglienti.

Ben altro dirassi invece di quella parte di detrito, la quale è uscita a mano a mano alla superficie, dopo aver camminato forse per miglia e miglia nell'interno del ghiacciajo. S'immagini che possa avvenire per esempio di un masso, il quale si trova a decine e anche centinaja di metri entro il ghiacciajo. È impossibile che, in quell'enorme stretojo, e per di più trascinato in diversi sensi stante il vario moto del ghiacciajo che lo inchiude, non finisca per rompersi. Si nota infatti che il detrito morenico uscito dal ghiacciajo, non mostra mai alcuno di quei grossi massi, che distinguono quello caduto immediatamente sulla sua superficie. Di rado ve ne sarà uno, che abbia, per esempio, un metro di diametro; mentre del resto gli altri, appartenenti alla stessa categoria di detrito, non avranno che le dimensioni dei ciottoli. Si può essere certi che un masso sepolto nel ghiacciajo, non n'esce che ridotto in frantumi Ma il masso che cammina in seno al ghiacciajo, lungi dal trovarsi solo, si trova d'ordinario a contatto con altri caduti con esso; anzi più volte, come i massi componenti le morene, fa parte di una congerie di detrito d'ogni specie e d'ogni dimensione, in mezzo al quale non può muoversi che urtando gli altri, o rimanendone urtato. S'imagini che cosa deve avvenire di tutti codesti massi o ciottoli, che vicendevolmente si urtano e si sfregano, sotto la pressione talor enorme di un ghiacciajo, la cui velocità varia da un punto all'altro. S'imagini, per esempio, che cosa avverrà di un ciottolo di calcare, il quale cammini e si torca in mezzo ad un drappello di graniti o di quarzi. È noto a tutti come il calcare rappresenta una delle rocce più tenere la quale può essere scalfita dal quarzo non solo, ma da quasi tutti gli altri minerali componenti le rocce cristalline. Per conchiudere, il detrito morenico, che si aggiunge alle morene dopo aver camminato un certo tempo in seno al ghiacciajo, quando non consti di fango o di sabbia prodotti dal triturameuto di tutte le rocce, consterà di ciottoli, di solito piccoli, coperti sovente di ammaccature o di spezzature, in genere però senza spigoli, ma tondeggianti a somiglianza dei ciottoli dei torrenti. Da questi però si distingueranno sempre per la loro irregolarità. Aggiungi che il ghiaccio dei ghiacciai, tutto cosperso dentro e fuori di sabbia e di minuta fanghiglia, agisce sui ciottoli come farebbe uno smeriglio. Per ciò i ciottoli glaciali si distinguono da quelli dei torrenti per un liscio particolare, di una splendidezza grassa e untuosa, mentre i ciottoli d'un torrente, per quanto levigati, riescono sempre smorti e privi di splendore. Caratteristiche infallibili poi del detrito morenico sono i cosiddetti *ciottoli striati*. Tutti lo sono più o meno quelli che han camminato dentro il ghiacciajo; ma le striature riescono difficilmente visibili sulle rocce granitiche arenacee, o comunque composte dei minerali più duri. Le rocce calcaree, le serpentinose, o in genere composte di minerali più molli, sono facilmente scalfite dalle altre. Un granello di sabbia, che si muova col ghiacciajo basta per imprimere sulla superficie d'un ciottolo nero di calcare una linea bianca, finissima,

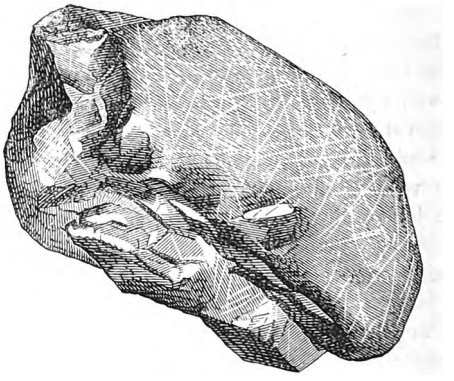


Fig. 231. — Ciottolo glaciale, spezzato, arrotondato, lisciato, striato.

come sarebbe un tratto di bulino. Siccome poi di tali granelli ciascun ciottolo si incontra a migliaja, non sarà difficile vederlo uscire ferito da mille scalfiture, le quali indicheranno, o col loro parallelismo l'uniformità del movimento del ghiacciajo, o col divergere

Digitized by Google

in tutti i sensi, il moto infinitamente vario che il ghiacciajo stesso subisce secondo le circostanze. La fig. 231, presa dal vero, rappresenta uno di questi ciottoli più maltrattati, che sono ad un tempo spezzati, arrotondati, lisciati e striati.

16. Abbiamo detto che, confluendo i ghiacciai, confluiscono le morene, formando tante morene intermedie, quante sono le paja di morene confluenti. Ma se guardiamo ad un ghiacciajo, per esempio a quello di Chamonix (Fig. 224) o all'altro della Pasterze (Tav. X), vediamo che le morene intermedie rimangono distinte tra loro sopra una lunghezza maggiore o minore a monte, mentre a valle le morene stesse tendono ad avvicinarsi e finiscono (ciò avviene quasi sempre) a fondersi insieme, ripiegandosi sulla destra o sulla sinistra del ghiacciajo, finchè non abbiano raggiunta l'una o l'altra delle moreno laterali. Queste pertanto rimangono sole talvolta sull'estremità inferiore del ghiacciajo, ingrossate naturalmente coll'aggiunta di tutte le altre. Nel ghiacciajo di Chamonix vediamo le quattro morene intermedie ripiegarsi tutte verso la laterale destra e fondersi con essa. Sul ghiacciajo della Pasterze invece, il gruppo principale delle morene intermedie si fonde a valle colla laterale destra; ma altre si fondono invece colla laterale sinistra.

Per intendere come ciò avvenga, riflettiamo che i diversi ghiacciai, di cui risulta un ghiacciajo composto, mentre confluiscono insieme nella stessa valle, però non si fondono, sicchè ciascuno dei componenti mantiene distinta la propria individualità nel composto. Supponiamo ora che ci siano due ghiacciai, uno piccolo e uno grande, confluenti nella stessa valle. È naturale che il grande dovrà occupare una parte maggiore del letto comune. Essendo però l'uno e l'altro eminentemente plastici, e quindi capaci di occupare ciascuno da solo l'intero letto, tenderanno a respingersi a vicenda. È naturale che in questa lotta il più piccolo soccomba al più grande. Pigiato sul fianco da forza maggiore, il più piccolo dovrà quindi assottigliarsi, finchè almeno abbia raggiunto un'altezza da poter far equilibrio alla pressione dell'altro. Anche qui il ghiaccio si comporta come i liquidi; l'acqua in un tubetto può fare equilibrio al mare, purchè si alzi allo stesso livello del mare. Ma codesto, ripeto, non potrà fare il piccolo ghiacciajo, che a patto d'assottigliarsi ancor più. Così assottigliato, continuerà coll'altro il suo cammino, perdendo però sempre una parte di sè stesso in proporzione molto maggiore di quella che perde il grande, il quale già per sè sarebbe capace di più lungo cammino. Il piccolo ghiacciajo, perdendo sempre di massa, e pur dovendo equilibrarsi col grande, si andrà sempre più assottigliando, finchè, fila fila, dovrà terminare in punta, e là naturalmente arrestarsi, precisamente come si arresta qualunque ghiacciajo, quando è giunto a tal punto che il nutrimento, che di continuo riceve dall'alto, basta appena a compensare quello che perde per ablazione al basso. Dove termina il piccolo ghiacciajo, rimarrà solo il grande ad occupare tutto il letto della valle, e quindi non ci sarà più distanza che separi la morena intermedia dalla laterale, colla quale necessariamente dovrà fondersi. Siano pur cento i ghiacciai di disuguale potenza che formano un ghiacciajo composto; se il cammino è abbastanza lungo, tutti dovranno l'uno dopo l'altro arrestarsi; pel primo il più piccolo, poi gli altri in seguito, a norma delle diverse dimensioni, finchè non rimanga che il più grande di tutti, il quale avrà occupato il posto, ed ereditate tutte le morene degli altri. Le morene che noi abbiamo studiate nelle loro molteplici evoluzioni, non sono però, come ognun vede, che gente di passaggio. Finchè il ghiacciajo progredisce, progrediscono anche le morene come una folla che passa, come battaglioni che sfilano. Dove andranno dunque a finire?

17. La risposta è facile. Su quella linea stessa dove il ghiacciajo termina, esso naturalmente abbandona il suo carico sul suolo. Il detrito così abbandonato alla fronte d'un ghiacciajo, è quello che ne costituisce la *morena frontale*. Supponiamo che un ghiacciajo si arresti per secoli sopra una data linea frontale, accontentandosi tutt'al più di oscillare un pochino avanti o indietro secondo le stagioni. Su quella linea, o su quella breve zona d'oscillazione, andrà dunque di giorno in giorno, d'anno in anno, di secolo in secolo arrestandosi e accumulandosi tutto il detrito, che il ghiacciajo non lascerà mai di trasportare dall'alto. Ecco come la morena frontale, nella quale s'accolgono e si risolvono tutte le morene laterali mediane od intermedie, potrà acquistare qualunque altezza più maravigliosa. Sulla fronte del ghiacciajo di Visch (Fig. 232) noi vediamo a piede del ghiacciajo stesso, che sporge la sua fronte in vetta ad una rupe, una specie di muraglia a secco, composta di massi e di tritume d'ogni specie. Quella è appunto la morena frontale. Ma c'è ben altro

Digitized by Google

se guardiamo alla fronte del celebre ghiacciajo di Macugnaga, che discende dal Monte Rosa (Fig. 233). Sulla fronte di esso la valle è sbarrata da una montagna che si leva ad un'altezza di 150 o 200 metri sul piano della valle sottostante. Quella montagna, chiamata il Belvedere, coperta di una foresta di vecchi abeti, non è altro che la morena frontale, edificata dal ghiacciajo col lento lavoro di secoli, anzi indubbiamente di più migliaia

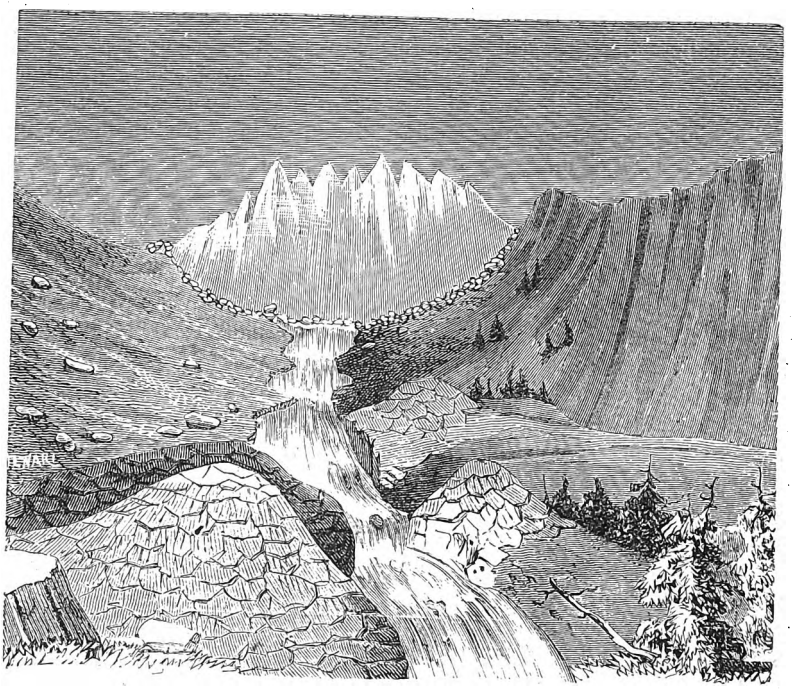


Fig. 232. — Fronte del ghiacciajo di Visch colla morena e un gruppo di colli arrotondati e striati.

d'anni. La morena è triplice, cioè formata come di tre colline semicircolari parallele, fuse alla base in una, della profondità di parecchie centinaia di metri, e distinte soltanto verso la sommità l'una dall'altra. La prima a valle è la morena antichissima. Tutta composta di grossi massi, commisti a minore detrito, indica già colla sua mole il lavoro di molti e molti secoli. Ma di secoli ce ne vollero altri, perchè quell'ammasso caotico si rivestisse di uno strato abbastanza fitto di terra vegetale, e quindi di una annosa foresta. Sui giri legnosi di alcuni di quegli abeti ho potuto numerare 500 anni all'incirca. Ma ve n'ha di più grossi in piedi, ed altri di più annosi già marci e distrutti dal tarlo. La seconda morena non è coperta che di mirtilli, di rododendri e d'altri arbusti. Ma anch'essa per la sua mole deve ritenersi antichissima La terza, già coperta di rada vegetazione al di fuori, discende al di dentro fino a posare sulla superficie del ghiacciajo. Essa è dunque la morena più recente, che si potrebbe anche chiamare morena attuale. Questa però fu già abbandonata dal ghiacciajo in quest'ultimo trentennio di regresso, per cui il ghiacciajo stesso, ritirandosi ed abbassandosi considerevolmente, si trova ora incorniciato, e come incassato alla profondità di molti metri entro le proprie morene frontali e laterali.

Il ghiacciajo di Macugnaga mostra così un esempio molto evidente della moltiplicità della morena frontale, che si verifica per effetto dei successivi regressi. Siccome la fronte del ghiacciajo oscilla, deve portarsi talora più basso, talora più alto a deporre la sua morena frontale. Supponiamo infatti che oggi un ghiacciajo segni un dato limite, descrivendo una certa linea frontale. Supponiamo di più che su questa linea, sia pure con qualche oscillazione, si arresti un certo tempo; per esempio un centinajo d'anni. Tutto il materiale, condotto dal ghiacciajo fino al suo termine, si deporrà sopra quella linea, formando un accumulamento lineare, cioè una morena, la cui massa sarà naturalmente proporzionale alla lunghezza del tempo, in cui il ghiacciajo rimane stazionario. Avvenga ora che dopo quel tempo lo stesso ghiacciajo entri in un periodo di regresso, cioè si ritiri più in su verso il monte, dove supponiamo che rimanga stazionario un altro centinajo d'anni. Sul nuovo limite fabbricherà dunque una nuova morena di mole pari alla prima. Un secondo periodo di regresso, seguito da un secondo periodo di stazionarietà, darà luogo ad una terza morena, parallela o piuttosto concentrica alle altre due. Questo è il fenomeno che, oltre il

Digitized by Google

ghiacciajo di Macugnaga, presentano in oggi, in modo anche più distinto ed istruttivo, tutti i ghiacciai delle Alpi, dopo una lunga serie di regressi e di soste alternanti che si verificarono in questi ultimi tempi. Il ghiacciajo del Rodano per esempio, ritirandosi in questi ultimi trent'anni, ha successivamente fabbricate e abbandonate parecchie morene frontali, ed or si vede colla fronte tutta in sfacelo, assottigliata e affatto spoglia di morena frontale. Tutti poi presentano, molto tempo prima di arrivare all' estremo limite del ghiaccio, delle morene antichissime, probabilmente preistoriche, a cui succedono più

Fig. 233. — Fronte del ghiacciajo di Macugnaga, colla grande morena frontale detta il Belvedere.

in alto morene storiche molto antiche, e più in alto ancora, in prossimità del ghiacciajo, morene edificate a ricordo d'uomini. Questo complesso di colline o morene frontali concentriche, corrispondenti ad una serie di regressi o di soste, ricordano molto bene i giri e le gradinate di un antico circo, od anfiteatro. Perciò a questo medesimo complesso di morene si dà il nome di anfiteatro morenico. Tenendo dietro alla serie delle morene, una più antica dell'altra, che si succedono discendendo dalle vette alpine verso la pianura, i geologi hanno potuto constatare la realtà di quella grande epoca glaciale, anteriore all'esistenza dell'uomo, in cui, non solo i ghiacciai delle Alpi, ma tutti i ghiacciai del globo nell'uno e nell' altro emisfero, preseró uno sviluppo straordinario, e spinsero le loro fronti centinaja di chilometri lontano dalle loro sedi attuali. Su quei limiti lontanissimi allora raggiunti edificarono appunto quelle colline arcuate, ripiegate verso lo sbocco delle rispettive valli, in cui il geologo riconobbe altrettanti anfiteatri morenici. Altrettanti anfiteatri morenici colossali sono appunto i colli, ora coperti di città, villaggi e castelli, che formano altrettanti distretti leggermente montuosi allo sbocco di tutte le grandi valli tra il piede delle Alpi, e i limiti settentrionali della pianura nell'alta Italia. Sono altrettanti anfiteatri morenici i colli di Rivoli presso Torino, allo sbocco della Dora Riparia; la Serra cogli altri colli elevati, che formano una vasta cintura ad Ivrea, allo sbocco della Dora Baltea; i colli seminati sopra un gran semicerchio, che abbraccia i confini meridionali del lago Maggiore; quelli che cingono a mezzodì il lago di Como, e gli altri della Brianza, formanti il doppio anfiteatro del grande ghiacciajo dell'Adda, in corrispondenza coi due rami del Lario; i colli della Franciacorta, tra Sarnico ed Iseo, che fanno ugualmente cintura al lago, costituendo l'anfiteàtro morenico del grande antico ghiacciajo della Valcamonica. Lo stesso dicasi di quell'immensa cintura di colline, entro la quale si distende il lago di Garda a mezzodì, formando il più vasto anfiteatro morenico conosciuto in Italia, in corrispondenza colle valli del Chiese, della Sarca e dell'Adige. L'ultimo anfiteatro ad est è quello del Tagliamento che si distende a nord-est di Udine.

Non occorre il dire che gli anfiteatri morenici non possono essere edificati dai ghiacciai che nei periodi di successivi regressi. Quando il ghiacciajo si avanza, abbatte e spiana le sue morene frontali, non rimanendo di esse che una massa spianata di detrito glaciale, sulla quale il ghiacciajo stesso cammina e passa oltre. Quando però una morena frontale sia cresciuta di tanto da opporre al ghiacciajo

Digitized by Google

una resistenza invincibile, il ghiacciajo non potrà far altro che gonfiarsi tanto da sorpassarla, ovvero girarla di fianco. Questo secondo caso si è appunto verificato pel ghiacciajo di Macugnaga, quando crebbe tanto sulla fine del secolo scorso ed al principio del nostro, che il Belvedere, secondo la descrizione dell'Amoretti, figurava come una foresta in mezzo al ghiaccio.

Le morene laterali, finchè il ghiacciajo si avanza, possono considerarsi come morene di passaggio, destinate a discendere a mano a mano ad ingrossare la morena frontale. Siccome però l'ammasso di detrito sui lati de ghiacciajo cade facilmente, ovvero si appoggia temporaneamente sui fianchi della valle, appena il ghiacciajo si abbassi, sarà abbandonato dove si trova, e formerà un cordone di detrito, ossia una morena laterale persistente. Ciò tuttavia non può avvenire che là dove il fianco del monte pianeggia, od ha un pendío morbido abbastanza, perchè il detrito roccioso trovi dove posare. Se il fianco del monte è troppo erto, i ciottoli e i massi morenici sdrucciolerannno giù giù a mano a mano che il ghiacciajo si deprime, nè si formerà

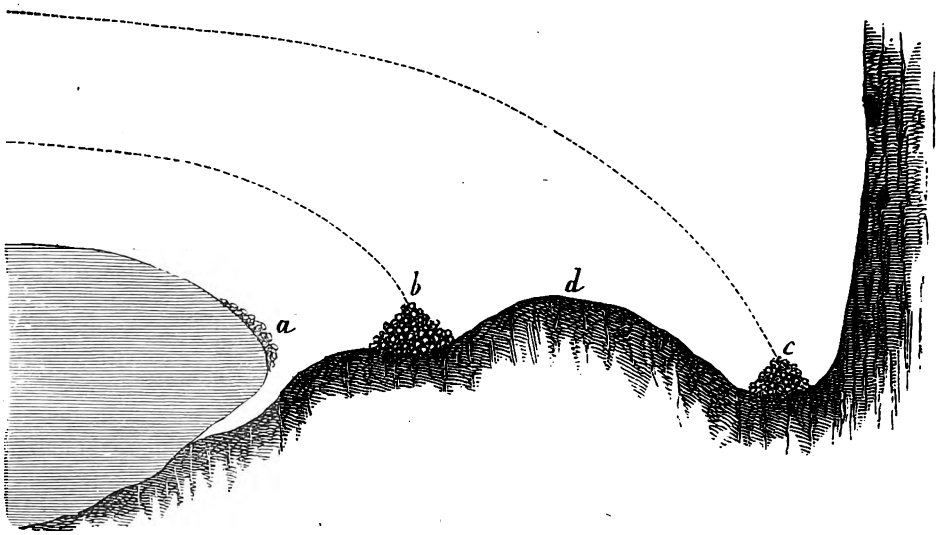


Fig. 234. — Sezione trasversale sul lato sinistro sul ghiacciajo di Roseg nell'Engadina nel 1882.

a Morena laterale sinistra. — *b* Morena del 1860. — *c* Antica morena. — *d* Colle di granito arrotondato dal ghiaccio.

morena di sorta. Avvenendo un periodo di successivi regressi e di soste, come si formano più morene frontali, così più morene laterali si formeranno, quando le circostanze siano favorevoli come abbiam detto. La fig. 234 per esempio indica, oltre l'attuale, due altre morene laterali abbandonate dal ghiacciajo di Roseg, durante due periodi di regresso, l'uno antico e d'epoca ignota, l'altro a partire dal 1860, in cui vidi io stesso la morena appena abbandonata dal ghiacciajo, che continuò poi rapidamente, e continua anche al giorno d'oggi. Le fig. 235 e 236, sono puramente teoriche. La prima descrive la sezione longitudinale di un anfiteatro morenico, ossia d'un ghiacciajo in regresso che ha già abbandonato più morene frontali, ritirandosi ed abbassandosi successivamente per quantità pari agli spazî racchiusi entro le linee punteggiate. La seconda figura presenta una sezione trasversale dello stesso ghiacciajo, colle rispettive morene laterali abbandonate, e disposte a gradini sui fianchi della valle.

Se il ghiacciajo, carico di detrito morenico, incontra sulla sua via un ostacolo, come sarebbe una rupe che sorga nel mezzo della valle, allora per la sua plasticità, è obbligato a dividersi, cingendo la rupe suddetta, e continuando la sua via, diviso in due rami, a destra e a sinistra della rupe stessa. Così ripiegandosi il ghiacciajo contro la rupe, vi porterà, e vi abbandonerà nel regresso il suo detrito morenico. Si formeranno quindi una o più morene che si chiameranno *morene d'ostacolo*. Il caso descritto è quello del ghiacciajo della Pasterze. Osservando la topografia dello stesso ghiacciajo (Tavola X) si vede una rupe sorgere appunto nella sua porzione frontale, quindi

Digitized by Google

il ghiacciajo ripiegarsi, formando una *morena d'ostacolo*, dividersi in due rami, terminando con una doppia fronte, quindi con doppia *porta*, da cui escono due torrenti, che confluiscono più basso in un solo.

Supponiamo che un ghiacciajo si ritiri, od anche scomparisca struggendosi interamente: resterà sempre, documento della sua esistenza e della sua storia, *l'apparato morenico*. Resteranno cioè le morene, frontali e laterali, formate di altrettante masse caotiche di detrito, dalle quali spiccheranno, per opposti caratteri, i ciottoli striati, e i massi angolosi. Ma il ghiacciajo lascia altre tracce, riferibili ad un' altra categoria di effetti, a quelli cioè che produce sulle rocce in posto, che formano il letto e i fianchi della valle fino all'altezza raggiunta dal ghiaccio.

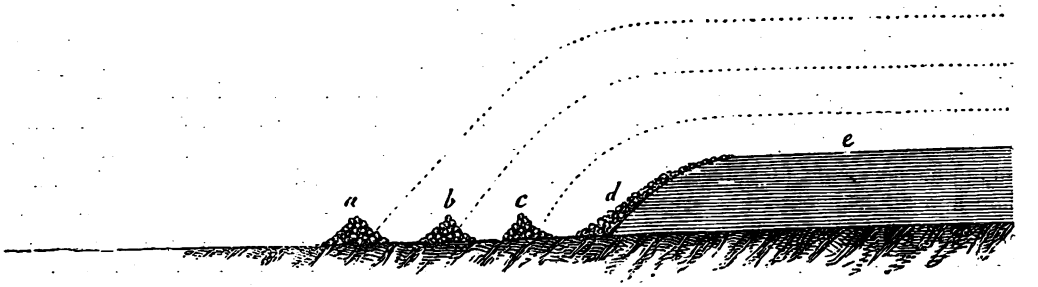


Fig. 235. — Sezione longitudinale dell'estremità frontale di un ghiacciaio in regresso, e del rispettivo anfiteatro morenico.

a, *b*, *c*. Morene frontali abbandonate successivamente in tre periodi di regresso. — *d*. Morena frontale in preparazione. — *e*. Fronte del ghiacciajo.

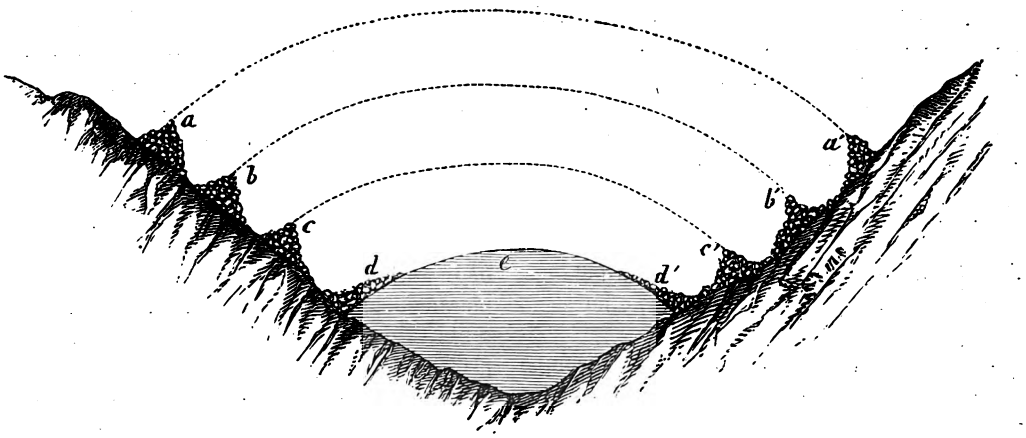


Fig. 236. — Sezione trasversale di un ghiacciajo in regresso.

a. *b*. *c*. *a'*. *b'*. *c'*. Morene laterali abbandonate in tre successivi periodi di regresso. — *d*. *d'*. Morene laterali in formazione. — *e*. Ghiacciajo.

L' ablazione prodotta dal calore radiante dalle pareti della valle, principalmente quando sono riscaldate dal sole estivo, fa sì che tra il ghiaccio e le stesse pareti si osservi quel vano, talvolta molto largo e profondo che si nota nella fig. 234, e meglio ancora nella fig. 226 disegnata dal vero. In fondo a questo vano cadono facilmente i massi morenici, i quali rimangono poi facilmente presi e stritolati sotto il peso del ghiacciajo. Prescindendo da questo vano, che d'ordinario non supera la profondità di 5 a 10 metri, il ghiacciajo, pel suo gran peso e la sua plasticità, aderisce al letto della valle, però semplicemente posando come un peso qualunque. Nulla gl' impedisce pertanto di continuare il suo cammino, come farebbe una pasta qualunque. Così camminando tutto armato di punte incisive, cioè di massi, ciottoli e grani di durissime rocce, con tanto maggiore contrasto, quanto più le rupi, e i singoli punti di esse sono sporgenti, deve esercitare sulle rupi stesse una potente azione erosiva. Il ghiacciajo agisce precisamente come farebbe una gran lima; ottunde e spiana i punti più sporgenti, liscia a guisa di smeriglio, e stria, le rocce in posto, come l'abbiam veduto

Digitized by Google

striare i ciottoli. Perciò le rupi abbandonate dal ghiacciajo, e dovunque i nudi fianchi della valle si mostrino in concorso coll' apparato morenico antico o moderno, si vedono arrotondate, lisciate, talvolta come uno specchio, striate e solcate da scanalature più o meno profonde. Le striature e le scanalature però non saranno punto irregolari, come sui mobili ciottoli delle morene, ma formeranno un sistema di linee esattamente parallele, in corrispondenza colla immobilità delle rupi, di fronte al movimento sempre uguale del ghiacciajo. Queste rupi striate, lisciate ed arrotondate sono quelle che i Francesi chiamano *roches montonnées*. Se ne vedono di bellissime inferiormente al ghiacciajo di Visch ed indicano naturalmente il lavoro eseguito dallo stesso ghiacciajo durante un periodo di progresso anteriore a quello di regresso moderno, espresso dalla figura 232. Non c'è valle alpina del resto, la quale non presenti bellissimi gruppi di rocce arrotondate, o a *dorso di montone*. Tali rocce arrotondate e lisciate, come le morene, caratterizzano infine dovunque il paesaggio alpino in vicinanza dei ghiacciai attuali; senza dire che il fenomeno stesso si osserva dovunque, più o meno spiccato in tutta la regione delle Alpi e delle Prealpi fin dove giunsero, alzandosi od avanzandosi gli antichi ghiacciai.

Restano ancora altri effetti formanti un'ultima categoria di fenomeni glaciali, ma questi non sono più riferibili direttamente all'azione del ghiaccio, ma sì a quella delle acque che confluiscono al ghiacciajo, o ne sboccano formando i torrenti glaciali.

Il ghiacciajo, strisciando, mentre incombe colla sua mole immensa sul letto della valle; liscia, come abbiam visto, stria e arrotonda le rocce. Al tempo stesso stritola, stria e arrotonda i massi imprigionati nel suo seno. Quindi una quantità enorme di finissimo fango, capace di circolare colle acque per le vene infinite da cui è dovunque percorso il ghiacciajo. L'acqua, così divenuta fangosa, sgocciola dal fondo del ghiacciajo stesso, dove si riunisce in torrente. Questo pertanto esce fangoso, e porta la sua torbida giù per la valle, lontano lontano, fino al mare se occorre. Dovunque si allenti o ristagni, depone strati fangosi. Ma il torrente stesso, sboccando dal ghiacciajo, è gonfio talora abbastanza per trascinare, non solo la sabbia e il minuto detrito, ma anche i ciottoli e i massi di discreta mole, di cui si compone l' apparato morenico frontale. Il grosso detrito sarà deposto naturalmente prima del detrito più fine. In complesso però avremo una alluvione fluvio-glaciale, che sarà capace di distendersi a grande lontananza e di acquistare una potenza enorme. Essa sarà riconoscibile geologicamente pe' suoi rapporti topografici coll'apparato glaciale, di cui può considerarsi come la continuazione.

L' alluvione fluvio-glaciale rappresenta indubbiamente la parte di lunga mano maggiore del prodotto detritico, che ogni ghiacciaio ha strappato o va strappando alle native montagne. In vero sono enormi talvolta quei cumuli caotici che anche i più piccoli ghiacciai riescono a deporre sulle fronti e sui lati. Bisogna però pensare che mentre il ghiacciajo vien giù portando ciottoli e massi colla velocità massima di qualche metro al giorno, il torrente che ne sbuca, continua instancabile a travolgere la torbida, con una velocità capace di raggiungere un centinajo di chilometri al giorno. Si imagini quanto sedimento può deporre un torrente torbido, e fin talora melmoso, che lavora di giorno e di notte per centinaja d'anni e di secoli. In mancanza di esperimenti comparativi in proposito, basterà confrontare gli antichi anfiteatri morenici dell'alta Italia, colla pianura vasta e profonda che riempie la gran valle del Po da Torino a Venezia. Tanto gli uni come l'altra sono prodotti glaciali; quelli di prima, questa di seconda mano. Voglio dire che gli anfiteatri morenici rappresentano il prodotto glaciale deposto immediatamente sulle fronti degli antichi ghiacciai; l'alluvione invece della pianura, antica o moderna che sia, rappresenta, almeno per la massima parte, lo stesso prodotto glaciale trasportato, elaborato e abbandonato dai torrenti e dai fiumi, che uscivano dagli stessi antichi ghiacciai, e continuano a scorrere rodendo e trasportando il terreno morenico. Quei fiumi hanno dovuto colmare dapprima una porzione di mare, che si avanzava fino ai piedi delle Alpi, ed era vasta su per giù quanto lo è l' attuale pianiura; hanno dovuto in seguito rialzare il suolo fino all'altezza dei maggiori terrazzi alluvionali, entro i quali essi fiumi scorrono attualmente. Quale enorme cumulo di alluvioni, prodotto soltanto dai ghiacciai dell'alta Italia! Ma l'origine stessa hanno per la massima parte le ben più vaste pianure alluvionali al nord d'Europa e di tutti i continenti boreali: sicchè veramente si deve riconoscere nei ghiacciai uno dei più poderosi agenti della natura, destinato principalmente a fabbricare le pianure ai piedi dei grandi rilievi continentali.

Digitized by Google

Oltre questo processo ordinario e continuo del trasporto e della distribuzione del detrito glaciale per mezzo dei fiumi, si hanno esempî nella storia di straordinarie irruzioni torrenziali dei ghiacciai alpini, che portano per conseguenza enormi spandimenti di massi glaciali lontano dalla loro origine. Nell'agosto del 1868, in seguito a grossi temporali e a pioggie continuate, il già descritto ghiacciajo di Macugnaga dovette trovarsi tanto inzuppato, che l'acqua, tenuta in sospensione entro il ghiacciajo stesso, doveva esercitare una pressione idrostatica potente contro quella enorme morena frontale, che abbiam veduta adossarsi al ghiacciajo, sbarrando la valle. In fatti quella barra colossale fu d'improvviso forzata, e con fragore simile al tuono, si aprì da cima a fondo nella morena una breccia della larghezza di 60 a 70 metri. Il piano erboso tra Macugnaga e la morena, sulla estensione di un chilometro quadrato e più, non è altro in oggi che una ecca di massi, i quali misurano fin da 4 a 8 metri cubici. La breccia vedesi ancora in oggi così fresca e rovinosa, come se quel cataclisma fosse avvenuto ieri. Il fenomeno è benissimo espresso dalla fig. 233.

Bisogna anche badare all' azione delle acque dei torrenti che confluiscono al ghiacciajo. Mentre questo discende per la valle principale fin nelle regioni più temperate, non può essere che frequente il caso in cui venga a buttarsi attraverso una valle confluente, che verrà così sbarrata al suo sbocco. Le acque pluviali, o fluenti da un ghiacciajo esistente all' origine della valle sbarrata, si arresteranno davanti a quell'argine di ghiaccio, e formeranno un lago, dove verranno naturalmente ad accumularsi le torbide, formando depositi lacustri. Molti di questi laghi glaciali si trovano nelle Alpi. Basti citare il lago di Moeril, tenuto sospeso dal ghiacciajo d'Aletsch. Così il grande ghiacciajo dell'Oetz (*Grosser Oetzthaler Gletscher*) sostiene il lago della Val-lunga (*Langthaler See*). Vedi la fig. 237. Anche sulla topografia del ghiacciajo della Pasterze (Tav. X) si può osservare il *lago di sbarramento*, sostenuto dal fianco destro dello stesso ghiacciajo.

La formazione di questi laghi è molte volte

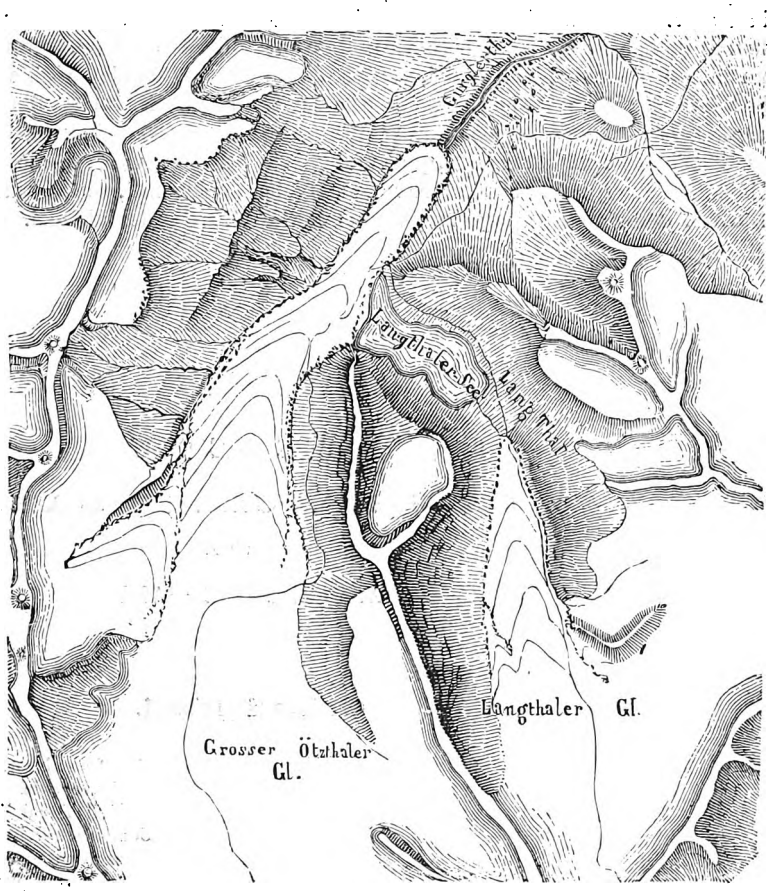


Fig. 237. — Carta del ghiacciajo di Gurglenthal.

affatto accidentale e temporanea, sicchè ha dato luogo a disastrosi cataclismi. Nel 1844, per esempio, il ghiacciajo Vernagt nella valle dell' Oetz, confluente dell' Inn (Tirolo), sviluppossi, gonfiandosi quasi repentinamente, e discese, con moto straordinariamente accelerato, fino ad incontrarsi col ghiacciajo di Rosenthal, col quale naturalmente si fuse in un solo. La velocità, acquistata per tale congiungimento, fu tale, che il ghiacciajo riunito si avanzò 1123 metri in 566 giorni. Così per-

Digitized by Google

venne a gettarsi attraverso una valle, percorsa da un torrentello, e formossi per conseguenza un lago. Qui cominciò una lotta fra il lago e il ghiacciajo: talora quello, gonfiandosi, forzava la sbarra, la quale, riunendosi più tardi, di nuovo lo teneva prigione. Tre anni dopo, cioè nel 1847, il lago misurava una larghezza di 1210 metri, con una profondità di metri 85, che crebbe ancora più tardi. Quella massa enorme di liquido, che si calcolava di 230 milioni di piedi cubici, tenuta sospesa dalla muraglia di ghiaccio, finalmente la ruppe. La valle divenne teatro di spaventevole inondazione, la cui potenza fu tale che un masso di 4000 piedi cubici, veniva ruzzolato alla distanza di parecchie centinaja di passi. Questo cataclisma ricorda perfettamente quell'altro, avvenuto nel 1818, quando il ghiacciajo di Giètroz nel Vallese, attraversatosi alla Dranse, determinò un lago lungo un chilometro, 80 metri profondo, che rotta la diga, spazzò con una cateratta formidabile quella valle, portando la sua rovina fin giù nella valle del Rodano.

Certamente più considerevoli sono gli effetti descritti, quando ci riportiamo a quei ghiacciai colossi che discendono dalle terre polari, ciascuna delle quali rappresenta come un vasto circo, da cui discendono ghiacciai di mole sformata. Ma una nuova serie di fenomeni comincia nell'atto che i ghiacciai nelle regioni polari, ed anche in altre assai più temperate, per esempio sulle coste Magellaniche e Cilene, si tuffano colle loro fronti in mare, dando origine a quei grandiosi fenomeni di ambo gli oceani glaciali, così mal compresi e interpretati dai vecchi geografi. È necessario perciò portarci sotto quei cieli inclementi, per continuare la storia fisica delle nevi e dei ghiacci.

CAPITOLO IV.

PARTE SECONDA

LA GHIACCIA POLARE

DEL PROF.

ANTONIO STOPPANI

Ghiacci polari.

Non fece al corso suo sì grosso velo
Di verno la Danoia in Austerrich,
Nè il Tanai là sotto lo freddo cielo,
Com'era quivi: chè se Tabernicch
Vi fosse su caduto, o Pietrapana,
Non avria pur dall'orlo fatto cricch.

DANTE, *Inferno*, XXXII.

1. Cominceremo con un esame comparativo dei fenomeni più noti che ci presentano i due emisferi nelle regioni più avanzate verso i poli.

Facendo quasi rivivere il nome dantesco, il quale dal divino Poeta fu adoperato per significare quel velo di durissimo ghiaccio che copre il gran lago dei traditori in fondo all'inferno, l' ho adoperato sovente ne' precedenti miei scritti per esprimere in genere la crosta di ghiaccio che si forma, o pel congelamento spontaneo, o per la riunione dei ghiacci galleggianti, sulla superficie del mare, e quella eziandio che copre le terre circumpolari e le alpine entro i dominî delle nevi perpetue e dei ghiacciai. Quando parlo però di *ghiaccia polare* in genere, senza precisarne con altri predicati o con particolari spiegazioni il carattere, intendo di abbracciare nel significato di queste due parole tutta la congerie dei ghiacci che fa velo ai mari circumpolari ed anche alle terre che si trovano entro i limiti della stessa congerie. Vi comprendo dunque, non solo

Digitized by Google

LE DUE CALOTTE POLARI

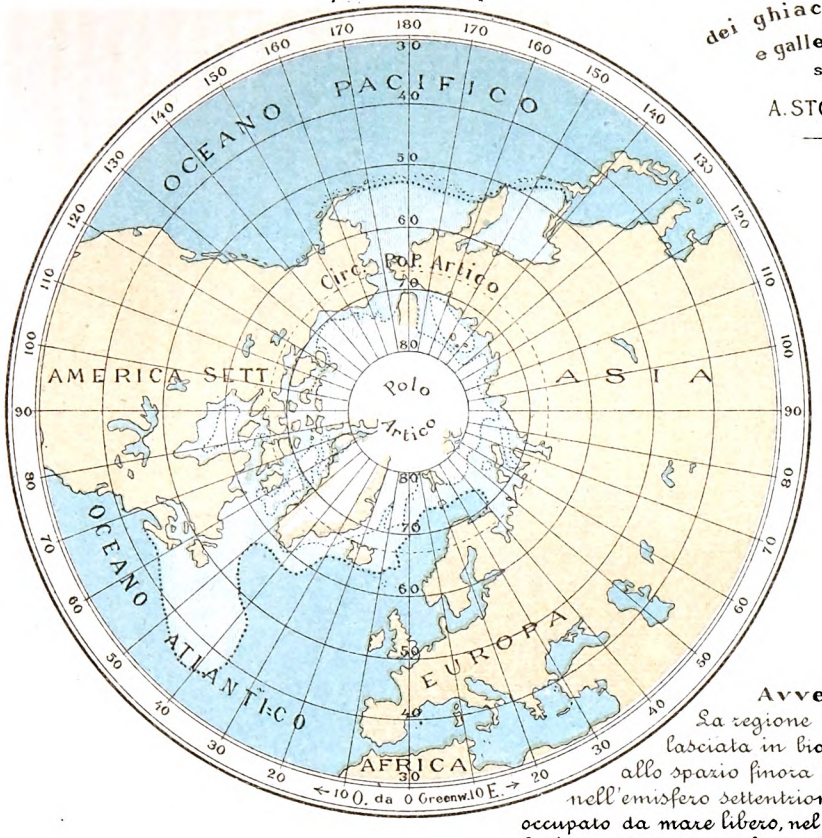
coi limiti

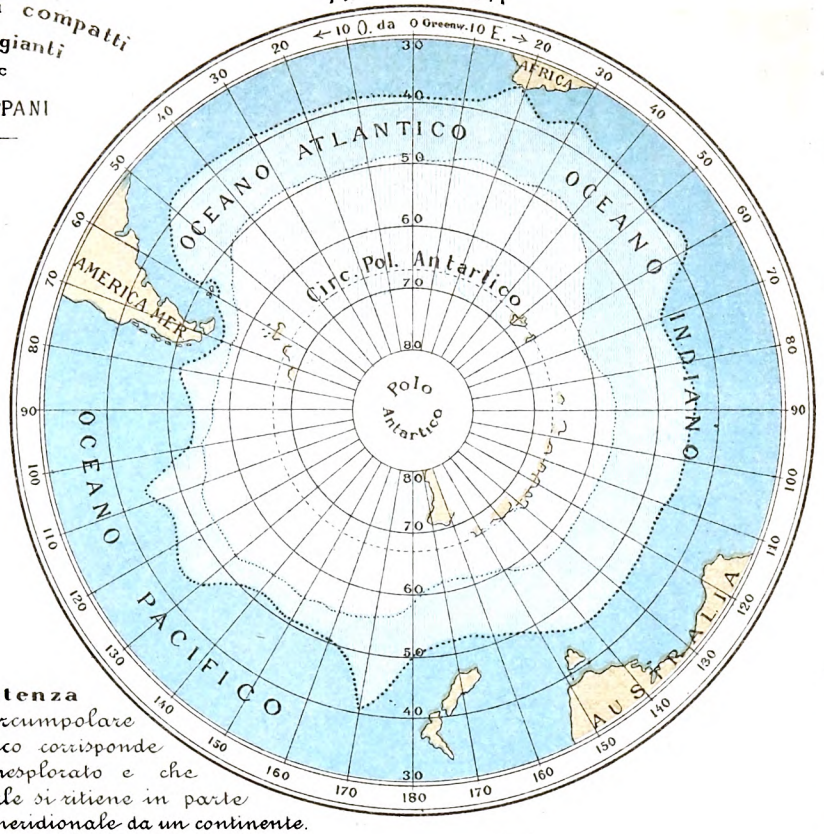
dei ghiacci compatti

e galleggianti

sec

A. STOPPANI





Avvertenza

La regione circumpolare lasciata in bianco corrisponde allo spazio finora inesplorato e che nell'emisfero settentrionale si ritiene in parte occupato da mare libero, nel meridionale da un continente. La linea ..... segna l'estremo limite equatoriale, a cui pervengono i **ghiacci galleggianti**; la linea ..... il limite a cui essi arrivano di consueto. Alquanto internamente a questa seconda linea si notano i **ghiacci compatti**.

Lit. P. Porati — Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi — G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

la porzione stabile o quasi stabile dei ghiacci artici od antartici, ma anche la parte mobile, gli *hummock*, le barriere, i banchi, e i campi di ghiaccio più o meno navigabili. I limiti esterni, ossia verso l'equatore, delle due ghiacce polari, non c'è barba d'uomo che possa fissarli, nemmeno in linea di larghissima approssimazione, tanto più che vanno soggetti annualmente a grandi oscillazioni. Comunque, io intendo che la ghiaccia polare cominci là

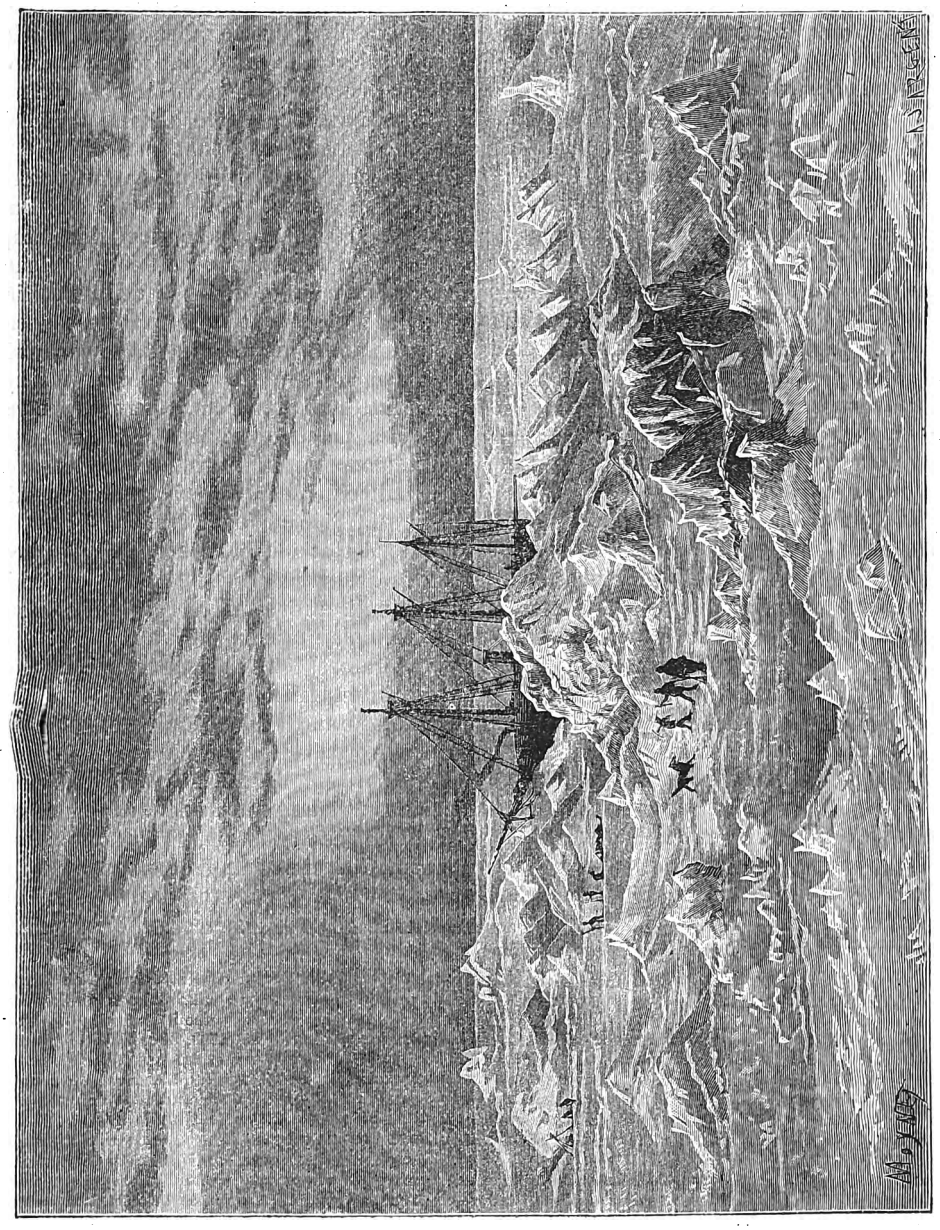


Fig. 238. — Veduta del Mare glaciale. — (Il Tegetthoff nel marzo 1873).

dove, andando verso l'uno o verso l'altro dei due poli, i ghiacci galleggianti si trovano abbastanza fitti, così da potersi dire che formano, sia pure molto rado, un velo al mare. È in questo senso che io, raccogliendo il maggior numero di dati possibili, e basandomi sulle carte polari dell' *Atlante di Stieler*, avrei assegnato per limite, o per distanza media dal rispettivo polo alla *ghiaccia artica* il 75° parallelo ed alla *ghiaccia antartica* il 55°. La ghiaccia artica, ovvero la *calotta di sfera* che essa ricopre, avrebbe un'estensione areale

Digitized by Google

di 8 a 9 milioni, e l'antartica di 45 a 46 milioni di chilometri quadrati. I termini precisi della proporzione sarebbero di 8,870,437 chilometri quadrati per la ghiaccia artica, e di 45,914,187 per l'antartica. Vedremo nel seguito di questo scritto quanto ci sia di vero, di approssimativo o di convenzionale in queste cifre. Entriamo in argomento.

Chi partisse, puta caso, dalle isole Azorre (40° di latitudine nord), navigando verso la manica chiamata impropriamente *baja di Baffin*, quando si credeva ancora che fosse chiusa a borea, mentre invece vi si biforca e si dirama in un labirinto di canali e di stretti, potrebbe già (caso rarissimo) essersi imbattuto in uno di quei pezzi galleggianti di ghiaccio, detti per la loro grossezza, *montagne di ghiaccio* (*Icebergs*), che sia giù venuto, chi sa da quale altezza di latitudini, a struggersi nei tepidi lavacri del *Gulf Stream*. Grandi masse di ghiaccio galleggiante furono incontrate tra il 1815 e il 1817 fin sotto il 40° di latitudine nord dai bastimenti che attraversavano l'Atlantico (1). Bisognerà però rimontare fin verso il 55°, e sulle coste Americane anche soltanto verso il 45° di latitudine, per incontrarveli certamente, ma ancora sparsi qua e là, come gli spioni che si mandano avanti sulla via da seguirsi da un' armata (2). Presto però eccoli sparsi in catena, od in drappelli, come bersaglieri che battono la campagna; poi sempre più spessi, come un esercito di beduini, che si avanza disordinato e tumultuoso all'assalto. Tra il 60° e il 70° di latitudine, Scoresby ne contò 500, parecchi dei quali, simili a fantastici edifici di cristallo, alti da 30 a 60 metri sul pelo dell'onde di cui erano trastullo, misuravano fino ad un miglio di circonferenza. Vedremo che non sono i più grossi.

Quel mostruoso esercito si fa sempre più fitto oltre il 70° di latitudine (3); ormai copre tutta l'ondosa campagna, in battaglioni serrati. Non sono più i *rari nantes in gurgite vasto*; ma è il mare che a mala pena trapela tra ghiaccio e ghiaccio, finchè divien tutto una ghiaccia, formata di un gran mosaico ondeggiante di montagne di ghiaccio, impigliate tra un volgare tritume di pezzi minori, od anco da una crosta di ghiaccio abbastanza regolare, appena solcata da canali che formano un vero labirinto, entro cui la nave studia lentamente la via, sempre in pericolo d'essere schiacciata come tra le mascelle d'una morsa.

È così che i più arditi navigatori poterono spingersi navigando oltre la baja di Baffin, fin verso l'80° di latitudine, poi in scialuppe, o in slitte o a piedi, fino all' 82°, e financo, come abbiam detto, al di là dell'83°. Più oltre ghiaccio, acqua e mistero; almeno per chi non ammette le previsioni della scienza, ribellandosi anche ai fatti, non creduti da molti, perchè attestati da pochi, o perchè contrarî a certe idee preconcette, contro le quali spesso non valgono nè la forza dei ragionamenti, nè la autorità delle più rispettabili testimonianze. Ma di ciò più tardi.

2. Ho detto: più oltre non c'è che acqua, ghiaccio e mistero, perchè la zona dei ghiacci galleggianti, propriamente parlando, non fu sorpassata da nessuno. Diffatti non c'è caso che un esploratore delle regioni artiche non abbia dovuto arrestarsi là dove non si vedesse ancora, vicino o lontano, libero mare, o dove i ghiacci non fossero ancora in movimento, come zattere galleggianti sul libero mare, o dove almeno la ghiaccia, formatasi lì per lì durante l'inverno, non si rompesse d'estate. È un fatto questo di somma importanza che, di quante navi raggiunsero le più elevate latitudini nell'emisfero boreale, nessuna dovette arrestarsi davanti ad una

(1) Miniscalchi Erizzo, *Le scoperte artiche*, Venezia 1855. Pag. 277.

(2) Tra le coste occidentali della Groenlandia e le orientali della Siberia, i massi galleggianti s' incontrano molto più tardi. Verso il mar di Cara, per esempio, nelle più recenti spedizioni, non se ne incontrò che verso il 70° di latitudine.

(3) Anche qui bisogna avvertire che i limiti degli *Icefelds*, ossia *campi di ghiaccio*, variano moltissimo da mare a mare, da stagione a stagione, ed anche nelle stesse stagioni e negli stessi mari si trovarono variare moltissimo nelle diverse spedizioni, eseguite in questo e nei precedenti secoli. In genere s' incontrano più presto sulle rive occidentali che sulle orientali nello stretto di Davis; più presto in questo che nel prolungamento del Nord-Atlantico, tra le coste orientali della Groenlandia, e le occidentali della Siberia. Sulle coste orientali dell' America, secondo il Miniscalchi Erizzo (*Le scoperte artiche*), il mare, per una parte dell'anno non è più navigabile oltre il 45°, mentre i legni montano ogni anno liberamente il capo Nord fino al 72° o al 73°. Parry, nel 1819, navigò con mare abbastanza libero, rimontando dalla baja di Baffin fino allo stretto di Barnorr, cioè fin verso il 75°, nel mese d'agosto. Nel giugno e nel luglio del 1700, il capitano inglese Phlips arrivò al 79° di latitudine, tra lo Spitzberg e la Groenlandia, e non incontrò il *Pack*, o Barriera di ghiaccio galleggiante che all' 80°, ad occidente dello Spitzberg. Dalla parte dell' isola Jan Mayen, nel luglio 1869, la Germania e la Hansa non trovarono *Icebergs* che verso il 74°, 50. Anche in settembre essi erano rari in quelle latitudini, sicchè il mare si manteneva ancora abbastanza libero. La nave Tegetthof nel 1872, secondo la Relazione del Payer, navigando a nord della Nuova Zemlia, incontrò i primi ghiacci galleggianti a 74°, 15. Dalla descrizione che se ne dà, essi formavano un vero *pack*. Nell'estate del 1878, Johannasea circumnavigò la Nuova Zemblia fin verso il 77°, senza incontrare quasi punto ghiaccio, con libero mare dappertutto. Anche la Vega (1878) ci ebbe pochissimo o quasi nulla a che fare coi ghiacci, fin oltre il capo Celjuschin, che è la punta più settentrionale dell' Asia a circa 78° di latitudine. Ghiacci un po' ragguardevoli non furono incontrati che a nord del capo, mantenendosi del resto il mare libero.

Digitized by Google

muraglia di ghiaccio immobile, unita, uguale, fitta, elevata a picco centinaja di metri sulla superficie del mare, che non si spezzasse nemmeno d'estate: davanti ad una muraglia, insomma, simile a quella che vedremo essersi inflessibilmente opposta a quante navi cercarono di accostarsi al polo australe. Di tutte le spedizioni verso il boreale noi abbiam letto questo; che la nave dovette retrocedere davanti ad ostacoli locali, per ragioni di prudenza, stante il pericolo di rimaner presa o schiacciata dai ghiacci; ovvero fu imprevedutamente presa tra la ghiaccia formatasi lì per lì, pel congelamento del mare nella stagione invernale. Possiamo poi aggiungere che, quante navi furono costrette a svernare impigliate nei ghiacci anche per più anni di seguito, lo furono sempre in prossimità delle terre, o dentro un angusto canale, il che vale lo stesso. Ne cercheremo le ragioni più tardi. Non parliamo nemmeno di quelle navi, che, fatte prigioniere da una zattera, ossia da un banco galleggiante di ghiaccio, dovettero talvolta per settimane e mesi navigare con essa sul libero mare, come è avvenuto nelle spedizioni della Hansa (1869-70) e del Tegetthof (1872-73), che tutti conoscono.

Avvertiamo però subito che l'essersi spinte tant'oltre le conquiste polari entro la ghiaccia, per un'unica via, che è quella del canale di Kennedy, è dipeso moltissimo da circostanze eccezionalmente favorevoli, le quali si verificano per la regione che trovasi in corrispondenza immediata colla baja di Baffin. Infatti per questo enorme canale s'insinua, a non dubitarne, non vista, ma dimostrata fino all'evidenza, la corrente calda, che sale dall' equatore probabilmente (quasi direi certamente) fino al polo (1). Sotto un' atmosfera, che fa discendere il termometro centigrado fino alla cifra spaventosa di 46° gradi sotto zero anche d'estate, la temperatura del mare è tale, che si mantiene quasi invariabilmente almeno di un grado sopra zero in quelle elevatissime latitudini. Ma la cosa più singolare è questa che la temperatura del mare, invece di abbassarsi, va inalzandosi, a mano a mano che uno s' avanza verso il polo, seguendo il canale di Kennedy, pel quale si può dire che la baja di Baffin si ripieghi verso ovest, passando per lo stretto di Smith, tanto che, oltrepassata la ghiaccia, sempre mobile e galleggiante durante l'estate, troviamo acque libere. Non diciamo ancora se quelle acque segnino i confini del *libero mare*, divinato dalla scienza, messo in dubbio od anche negato dai moderni scienziati, anche dopo le scoperte di Kane e di Hayes. Quello che diciamo è questo che Kane, attraversata una barriera o piuttosto un campo di ghiaccio, della larghezza di 80 a 100 miglia, trovossi, oltre l'82° di latitudine, in riva ad un libero mare, e dimorovvi nove mesi. Ad una temperatura ambiente di — 46° 6, l'acqua vi conservava quella di 2° 26. Le regolari maree attestavano l' ampiezza di quel mare, cinto di ghiacci, dove le foche scherzavano in seno alle onde tiepide, e gli uccelli acquatici vi si tuffavano a stormi. L'ardito navigatore vi trovò a sufficienza di che nutrire i suoi compagni. Un passo dell'opera di Kane (*Art. Explorations,*) riportato dall'Hayes, dice più precisamente che il mare libero fu scoperto il 20 giugno 1854 da Morton, compagno di Kane, che si spinse fino al capo Costitution, punto della Groenlandia più avanzato verso nord, un po' sotto l'81°. Il mare però s'inoltrava verso Nord a perdita d' occhi. La temperatura di 4° 6 sopra il punto di congelazione. Nessuno si ricordava d'aver mai visto altrove un numero così grande d' uccelli. Sulle rive di quel mare si colsero fiori e frutti.

Da tutti questi particolari risulta che sulla via del polo Artico per la baja di Baffin, e tanto meno sulla doppia via per cui si raggiunse da est e da ovest lo stretto di Bering, non esiste propriamente una barriera di ghiaccio compatto, come quella che troveremo difendere l'accesso al polo Antartico. Anche quella che come tale si riteneva, e popolarmente ancora si ritiene, quella voglio dire così fitta e orrenda sopratutto nel canale di Kennedy tra il 78° e l'83° di latitudine nord, tutta si spezza durante la state, trasformandosi in un enorme *Icelands* (terra o paese di ghiaccio), il quale non è che un accumulamento, una specie di enorme conglomerato tutto fitto di montagne e di campi di ghiaccio. A questo genere d'enorme congerie fu dato il nome specifico di *Hummock*, diverso dai cosiddetti campi di ghiaccio o *Icefelds*, formati da una riunione di montagne di ghiaccio, perchè si compone invece d'enormi frantumi degli stessi *Icefelds*, come spiegheremo più tardi.

Che anche codesti *Hummock* non formino

(1) La corrente calda ascendente sarebbe attestata nel modo più certo dal libero mare, che si trova oltre il canale di Kennedy. Ma di questo parleremo più tardi. Il fatto però é reso evidente dai ghiacci galleggianti, che si veggono talvolta camminare da sud a nord, mentre ordinariamente vengono in giù da nord a sud. Vedansi in proposito i fatti riportati e gli argomenti addotti per spiegarli nel mio *Corso di geologia*, Vol. I, Parte I, § 303-305.

Digitized by Google

mai probabilmente, nemmeno d'inverno, una ghiaccia tutta d'un pezzo che ricopra il mare, lo dimostrano tutte le spedizioni polari che raggiunsero l'82° e fin l'83° per quella stessa via del canale di Hennedy. Che poi si rompano d'estate, dividendosi in una miriade di pezzi, che vengon giù trascinati dalla corrente di nord, è così certo, che sarebbe tempo perduto quello che s'impiegasse a dimostrarlo.

Lasciando per ora nell'ignoto le condizioni delle regioni artiche oltre l'83° di latitudine, risultano intanto dimostrati due fatti di somma importanza.

1.° Che la ghiaccia artica è in tutti i sensi molto ristretta, non arrivando in media che fin verso il 75° di latitudine nord.

2.° Che non esiste propriamente, fino alle latitudini raggiunte fin qui, una vera barriera di ghiaccio, od una muraglia tutta d'un pezzo, come quella che popolarmente s' imagina, credendosi che verso il polo il mar glaciale sia veramente tutto una crosta di ghiaccio, chissà quanto alta e profonda. Pezzi di libero mare esistono sempre anche d'inverno, e la crosta di ghiaccio sempre e dappertutto si rompe ed anche in gran parte si scioglie d'estate.

3. Ben altrimenti vanno le cose verso l'opposta estremità dell'asse terrestre, dove si vorrebbe spingere, con uno zelo ch'io non ebbi mai il coraggio d'infiammare, ed una speranza che non mi riuscì mai di dividere, una spedizione italiana.

Infatti gli spioni dell'esercito ciclopico, voglio dire le prime montagne di ghiaccio, che abbiamo veduto incontrarsi soltanto in via d'eccezione tra il 40° ed il 45° di latitudine boreale, si incontrano nell'opposto emisfero assai prima. Non parlo nemmeno di quel gran masso galleggiante che nel gennajo del 1840 navigò fino al 34° di latitudine sud, e venne audacemente a postarsi in faccia al capo di Buona Speranza. Altri parecchi in quel torno, cioè tra il 1839 e il 1840, favoriti di certo da speciali circostanze probabilmente non estranee alle nostre ricerche, vennero a dondolarsi a poche miglia di distanza dalla punta meridionale del continente africano. Ma non è già più un caso eccezionale quello d'incontrare parecchi di quegli strani pellegrini al di qua del 40° di latitudine; e non si arriva mai al 50°, a partire dall'oceano Atlantico, che non si sia già entrati nel campo della dispersione di quella truppa che sopra una zona anulare di 24 a 26 mila chilometri, larga da 700 a 800, vedesi senza interruzione tutto all'ingiro del Polo, sbandata a drappelli, a file, a battaglioni, ma sempre nel massimo disordine, e disperdersi nel libero mare, come gente che ha volte le spalle al Polo, coll'intenzione, se avessero forza di reggere contro i crescenti calori, di giungere all'equatore.

Chi avesse l'ali e gli occhi per osservare dall'alto o, come si suol dire, a volo d'uccello quella fuga di ghiacci, sembrar gli dovrebbe, se l'imaginare ci giova, di vedere, a parte il colore, come un gran formicajo, stuzzicato nel centro da sgarbato fanciullo, dove è tutto un brulichìo, che passa dal nero più fitto nella parte centrale, gradatamente al bruno e al bigio più rado, per effetto delle formiche che si diradano sempre più, a mano a mano che si allontanano fuggendo in tutte le direzioni.

Questo fenomeno, che fu osservato da quanti navigarono tra il 50° e il 70° di latitudine australe, e di cui hanno giornalmente un saggio, specialmente nella stagione estiva (invernale pel nostro emisfero), i bastimenti che dall'Europa o dall'America fanno vela per la Nuova Zelanda e l'Australia, passando pel capo Horn (è questa una delle vie di mare più frequentata ai nostri giorni), è sostanzialmente quello stesso fenomeno che abbiamo già notato nel nostro emisfero sotto le stesse latitudini. Vi hanno però enormi differenze tra il suo modo di presentarsi nell'uno o nell'altro emisfero.

4. Notiamo anzi tutto che la fuga delle montagne di ghiaccio, nel vero senso che può darsi a questa parola *fuga*, cioè come indicante lo spettacolo di centinaja e migliaja di montagne di ghiaccio che s'inseguono, s' aggruppano, si addensano fin talvolta a coprire quasi per intiero la superficie del mare; questo fenomeno dico, nell'emisfero boreale si limita quasi unicamente allo stretto di Davis, tra la Groenlandia e l'America. Fu trovato che lo stretto di Bering è troppo angusto e basso, per poter permettere alle montagne di ghiaccio l'uscita da quella parte. Se ciò non fosse, sarebbe impossibile trovarlo così accessibile, diciam anzi così libero, come fu trovato in parecchie delle ultime spedizioni. Aggiungi che una corrente superficiale molto considerevole entra dal Pacifico per quello stretto, opponendosi naturalmente da quella parte all'uscita dei ghiacci (1), mentre questa

(1) Questa corrente ascendente dal Pacifico all'Atlantico per lo stretto di Bering, verificata anche recentemente dalla Vega ed indicata come causa di un clima assai più mite che regna sulle spiagge americane, in confronto di quello delle spiagge asiatiche prospicenti lo stretto, ci era da un mezzo secolo già nota. Nella spedizione del 1815

Digitized by Google

è facilitata, direm anzi forzata, dalla parte dell'Atlantico, per la mostruosa corrente che percorre lo stretto di Davis volgendosi verso l'equatore.

Ghiacci galleggianti s'incontrano certamente dappertutto in quell'altra grande insenatura semicircolare che, dallo stretto di Bering, gira intorno alla regione polare, tra le coste occidentali della Groenlandia e le orientali dell'Asia e dell'Europa. Ma, da quanto ho letto, non ci ha nulla che s'avvicini a quel grande spettacolo di dispersione che presenta il vasto canale tra l'America e la Groenlandia, di cui tutti con entusiasmo e terrore, dandocene i più interessanti particolari, ci hanno parlato gli attoniti navigatori. La regione polare interna del resto è tutta chiusa, o almeno cinta all'ingiro da terre, nè alcun indizio finora venne raccolto di un emissario dalla parte di est, pel quale i ghiacci, derivanti da ghiacciai fluenti verso il polo sull'area racchiusa approssimativamente entro l'80° parallelo, possano scaricarsi nella insenatura suddetta, e quindi nella vasta porzione orientale del Nord-Atlantico. Ad essa dunque non rimane altro scaricatore dei ghiacci che la baja di Baffin colla sua larghezza di 6-700 chilometri. Che è mai questa foce di scarico in confronto di quella che il libero oceano sconfinato offre ai ghiacci antartici tutto all'ingiro del polo? Si condensino dunque fin che si vuole le montagne di ghiaccio nella gran baja di Baffin e nè suoi confluenti; aggiungansi pure ad esse le montagne di ghiaccio, che navigano il mare tra la Groenlandia, lo Spitzberg, la nuova Semlia e le coste dell'Asia: ma poi i galleggianti che si staccano dall'artica ghiaccia per viaggiare verso il libero oceano, formeranno sempre una minoranza molto meschina in confronto del numero di quelli, per quanto si vogliano radi, che sono dispersi, a dir poco, sopra una zona circolare di 33 milioni di chilometri quadrati. L'area, sopra la quale sono sparsi i ghiacci galleggianti a Nord, non è forse il decimo di quella sulla quale sono sparsi i galleggianti a Sud. Da questa prima differenza siamo già portati a concludere per quella che deve esistere necessariamente tra le due ghiacce polari, che sono le matrici dalle quali i ghiacci galleggianti si staccano. La differenza del sestuplo, in meno per l'artica e in più per l'antartica, stabilita dal Maury, deve già sembrarci tutt'altro che un'esagerazione.

5. Ma c'è un'altra gran differenza tra i due opposti emisferi per rapporto al fenomeno dei ghiacci galleggianti, ossia del *ghiaccio di trasporto* (*Treibeis* dei Tedeschi) o meglio ancora della *ghiaccia accessibile alle navi* (*Durchschnittliche Treibeis*), come dicono i Tedeschi, parlando in complesso dei ghiacci galleggianti. La differenza è questa che, per quanto io abbia badato alle descrizioni dei viaggi antartici, a quelli nominatamente, che sono i più celebri di Weddell e di Ross, i quali hanno toccato il 75° il primo nel 1823, e il 78° 10′ il secondo nel 1842; per quanto abbia studiato la stupenda Carta del polo Antartico, pubblicata nell'Atlante di Stieler, nel 1875; non mi sono mai imbattuto in nulla che mi potesse ricordare gli orridi *icefelds*, gli sconfinati *pack* della baja di Baffin, e molto meno gli spaventosi *hummock* del canale di Kennedy. Quando si tratta dell'emisfero australe, si parla sempre di montagne di ghiaccio, talvolta in lunghe file secondo la direzione del vento e delle correnti, talvolta in gruppi di 100 e di 1000 per volta, formanti come dei vasti arcipelaghi natanti. Quei massi sono d'ordinario sì grossi che Weddell non li chiama mai con altro nome che con quello d'isole di ghiaccio, e ne scorse parecchi di due miglia e più: lo stesso Weddell ci narra come il suo viaggio dalle isole Falkland alle Shetland, tra il 61° e il 63° di latitudine sud, benchè in estate, fu una continua lotta tra infiniti ghiacci galleggianti, e centinaja di grosse isole. Ma ben di rado, per non dir mai, quei massi galleggianti, quelle isole di ghiaccio, terribilmente danzanti sopra onde che sembravano montagne, sono descritti come formanti quelli *icefield* o *icefeld*, quelle *zatte*, quei *pack* in cui tante volte trovaronsi prigionieri per mesi ed anni le navi veleggianti alla scoperta delle regioni artiche.

In una cosa invece son tutti d'accordo i navigatori del mare antartico, ed è questa: che oltrepassata la zona dei ghiacci galleggianti, i quali non divengono mai così fitti o saldati

che il tenente Kotzebue compì dal Capo Horn allo stretto di Bering, il 30 luglio 1816 aveva passato lo stretto, e si inoltrava fino al 68°, avvicinandosi a terra nella baja che ora porta il suo nome, dove giunse in principio d'agosto. Non vedevasi traccia nè di neve nè di ghiaccio, tanto sulla terra quanto sull'acqua. Ci restò fino alla fine d'agosto. Il cielo era sereno; dolce, anzi calda la temperatura dal lato dell'America, dove sgombro e libero aprivasi il mare fin dove l'occhio giunger potesse verso settentrione. Le opposte sponde asiatiche erano invece cariche di nebbie, ed irte di ghiacci. Una forte corrente entrava verso il mare polare, tenendosi verso le coste americane. Questa corrente può considerarsi veramente come una specie di emissario del Pacifico nell'Atlantico; infatti dall'opera del Miniscalchi Erizzo, da cui abbiamo cavata la notizia precedente, riportiamo anche questa di prodotti del Pacifico i quali, infilando lo stretto di Bering, furono visti discendere verso l'Atlantico, portati dalla corrente dello stretto di Davis.

Digitized by Google

insieme da costituire campi di ghiaccio simili a quelli della baja di Baffin o dei *fiords* della Groenlandia, si trovarono di fronte ad una gran muraglia di ghiaccio, ritta, nuda, tutta d'un pezzo, alta centinaja di piedi sopra la superficie del mare. Chi la disse un muro (*Eismaur*), chi una parete (*Eiswand*), chi una barriera (*Eisbarriere*) di ghiaccio, tanto infine che si può credere d'averne, anche senza averla vista co' proprî occhi, un'idea giusta; ed è questa appunto di una parete verticale, di un muro di puro ghiaccio compatto che, girando intorno al polo come la muraglia della China, alla distanza di 12 al minimo e di 25 gradi geografici al massimo, da esso, limita la stabile ghiaccia interna, tutta d'un pezzo, come quella che copre la Groenlandia, ma colle sue basi profondamente sommerse nell'Oceano, separandola con taglio secco dal mare, il quale spumeggia a' suoi piedi, carico di montagne di ghiaccio orribilmente danzanti. Non la raggiunse il Weddell; ma se la videro affacciarsi quella muraglia cupa e inaccessibile come la cinta d'una fortezza, inesorabile come il destino, il Bellingshausen nel 1821, il Moore nel 1845 tra il 90° e il 100° di longitudine est, il Wilkes e il Dumont d'Urville nel 1840 tra il 100° e il 110°, il Ross nel 1842 tra il 170° e il 180° della stessa longitudine.

Ho detto male, parlando di montagne di ghiaccio danzanti sul mare che circonda quell'indurita muraglia. A rendere più spiccato il distacco tra la ghiaccia salda e la gran zona dei ghiacci galleggianti, e quindi più caratteristico il fenomeno che differenzia dall'artica la regione antartica dei ghiacci mobili o navigabili, si aggiunge che questi, appunto nella regione antartica, non sono nemmeno più fitti sui confini interni della relativa zona di dispersione, cioè a contatto od in prossimità della salda parete che li genera. Dico: che li genera; perchè quelle isole di ghiaccio non sono altro, come meglio vedremo, che pezzi della muraglia stessa continuamente sbrecciata dal mare che la circonda. Non sono più fitti: ripeto (e prego il lettore a badar bene a questo fatto); che anzi tra la fitta dei mobili ghiacci e la salda parete, si osserva, a quanto pare dappertutto, una zona di mare più scarso di galleggianti, e talora libero affatto e perfettamente navigabile come l'oceano sotto l'equatore. Dalla carta dello Stieler si arguisce benissimo come ciò si verifichi quasi invariabilmente lungo il perimetro della solida ghiaccia. In modo positivo poi, le parole *poco ghiaccio*, *pochi galleggianti*, *mare aperto*, *mare navigabile*, *mare libero*, si trovano notate almeno nove volte tutt'all'ingiro della ghiaccia stessa, e sempre nella massima vicinanza alla medesima. Si sa del resto che tutto quanto era libero e navigabile, oltrepassata la gran zona dei mobili ghiacci, quel seno tagliato per due terzi nel ghiaccio saldo, e per l'altro terzo fiancheggiato dalla Terra-Vittoria, pel quale Ross inoltrossi facilmente fino al 78°,10 di latitudine sud, fin dove cioè fu arrestato da quella stessa enorme parete di ghiaccio, alta sul mare da 150 a 300 piedi, a piè della quale navigò tanti giorni, senza poter nemmeno ammettere il sospetto che fosse in un punto o nell'altro interrotta.

Dunque (si badi bene), prescindendo dai ghiacci galleggianti, che ci sono o non ci sono, e possono trovarsi e si trovano di fatti, a volte radi, a volte spessi e serrati fino al 40° di latitudine, non c'è passaggio, non c'è transizione tra il libero mare e una ghiaccia salda, tutta di getto che, sovrastando al mare a guisa di verticale parete dell'altezza di centinaja di metri, e nel mare tuffandosi altre centinaja ed anche migliaja di metri, accenna dovunque a distendersi a guisa di altipiano sopra tutta la regione inesplorata, come un immenso disco di ghiaccio, il cui centro è occupato dall'antartico Polo. — Quale è veramente la natura, quale l'origine di questa salda ghiaccia, la quale, partendo dal perimetro esterno della muraglia che serve di confine al mare, ha tutta l'aria d'avanzarsi così com'è, spaventoso a dirsi! tutta d'un pezzo fino al polo? — Qui veramente può dirsi che da quella muraglia in là tutto è ghiaccio e mistero. Ma se ci giova sperare che dal noto si possa giungere a scoprire l'ignoto, torniamo all'altro emisfero, dove le ripetute spedizioni ci permettono di addentrarci maggiormente entro i misteri di quelle estreme regioni, che si direbbero non uscite ancora dal caos.

6. Qual'è anzitutto l'origine di quell'enorme ingombro di ghiacci, che noi chiameremo, con termine sintetico, *ghiaccia polare*.

È un falso tradizionalismo delle scuole quello che mantiene universalmente l'idea che la ghiaccia polare sia come una gran crosta di ghiaccio, che si è formata e si mantiene per l'immediato congelamento delle acque marine. V'ha

(1) Si parte sempre dal principio (vedremo più tardi quanto applicabile al caso) che la porzione emergente di un pezzo di ghiaccio immerso nell'acqua il quale non tocchi il fondo, è pel ghiaccio ordinario l'$^{1}/_{8}$ e pel ghiaccio marino il $^{1}/_{4}$ del volume totale, rimanendone i $^{7}/_{8}$ o i $^{6}/_{7}$ sommersi.

Digitized by Google

egli nemmeno un freddo capace di produrre uno stabile congelamento dell' oceano verso i due poli? Per rispondere a questa domanda, cominciamo a stabilire bene due fatti.

Il primo fatto, già altrove accennato, è questo che le nevi così dette perpetue non si abbassano mai in nessun punto del globo fino al livello del mare. Parry, imprigionato nei ghiacci un intero anno presso l'isola Melville (74° di latitudine), vide, coll' approssimarsi della stagione estiva, verdeggiare i lidi e fiorirvi il papavero, l'acetosa e il salice nano. Morton dipinge con tali colori il paesaggio del canale di Kennedy, che ci sembra di leggere la descrizione delle vallate svizzere, quando, al comparire della tarda primavera veggonsi tra le nevi spuntare i fiori, e verdi prati distendersi sui fianchi delle nevose montagne.

Kane e Hayes dall' 82° di latitudine, avrebbero potuto portarci un mazzolino di fiori, composto di ranunculacee, di sassifraghe, di portulacee, di graminacee e fin d'arboscelli con bacche mature. Le stesse scene sono dipinte dal Nordenskiold nel viaggio della Vega tra il mar di Cara e lo stretto di Bering. Infine non vi ha un punto di latitudine così alto raggiunto dai più arditi esploratori delle regioni artiche, dove non si vedesse, tra il mare e i monti coperti di nevi perpetue, sciorinarsi nella calda stagione una larga zona di terre verdeggiante e fiorita. Come può esistere dunque un vero mare glaciale, un mare cioè che si copra spontaneamente di una ghiaccia persistente?

Il secondo fatto è questo appunto che il mar glaciale, inteso in questo senso, non esiste che nelle tradizioni delle scuole, nelle convenzionali descrizioni dei geografi e nella fantasia del volgo. Che si vuol intendere difatti per mar glaciale, stando alla lettera? Forse un mare che geli alla superficie d' inverno? Allora appartengono al mar glaciale i golfi di Botnia e di Finlandia, che gelano ordinariamente d'inverno: v' appartiene il Baltico, che fu visto molte volte convertito in una pianura di ghiaccio; v'appartiene anche il mar Nero, che fu visto più volte parzialmente gelato, e gelato interamente alla superficie nell'anno 171 dell'Êra volgare. Ebbene il mar Glaciale, lasciando da parte la questione del più e del meno, si trova nelle stesse condizioni dei citati mari, e di altri assai, la cui superficie si mostra nell'invernale stagione rappresa dal gelo. È dimostrato difatti, prima di tutto, che il mare Artico non si agghiaccia mai totalmente nem-

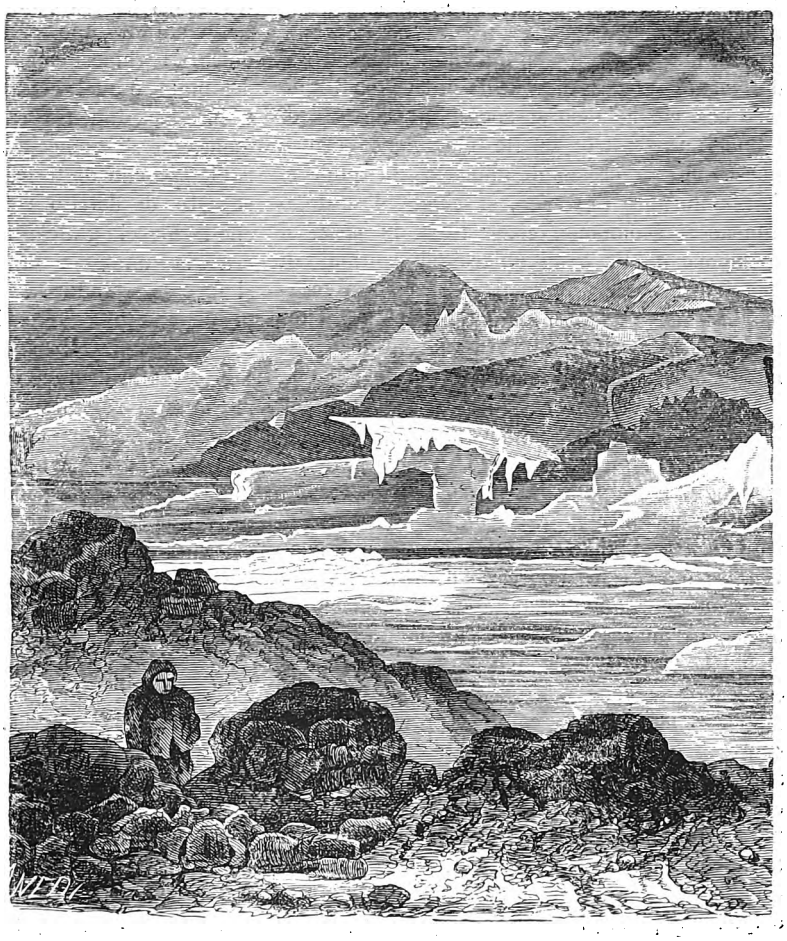


Fig. 239. — Il mare glaciale quasi interamente coperto di ghiaccio e sparso di *Icebergs* veduto dalla terra di Ellesmère

Digitized by Google

meno d'inverno. La ghiaccia spontanea non si forma che in certe vicinanze delle terre, ovvero negli stretti e nei canali, il che vale lo stesso. La Vega per esempio, imprigionata nel ghiaccio a sei chilometri da terra sotto il 67° di latitudine, vedeva a poche miglia più in là radure di libero mare, e tutta la ghiaccia mantenersi mobile e ondeggiante, cullandosi sul libero mare. Che ciò avvenga anche nelle più elevate latitudini lo dicono, con perfetto accordo, tutte le narrazioni delle spedizioni artiche.

Se il mar Glaciale non gela mai interamente d'inverno, tutto si disgela d'estate. Non voglio dire con ciò ch' esso si spogli interamente di ghiacci: tutt' altro. Quello che voglio dire è questo che la crosta di ghiaccio, la quale si forma durante l'inverno, si scioglie d'estate, o almeno si scompone, come tutta in pezzi si scompone quella gran ghiaccia di centinaja di metri di spessore, la quale caratterizza veramente il mar Glaciale, ma che per nessun conto potrebbe mai ritenersi formata dal congelamento spontaneo del mare.

Com' è possibile infatti che si formino, per l'immediato congelamento del mare, quelle smisurate montagne di ghiaccio, che si veggono venir giù trascinate dal libero mare o riunite formano quegli *icefeld*, o *iceland*, o *hummock* i quali non sono che altrettante forme di spaventose cataste di montagne di ghiaccio? Noi sappiamo che quelle montagne di ghiaccio, o libere, o riunite in grandi campi di ghiaccio, misurano sovente ciascuna parecchie miglia di estensione, e sono alte parecchie centinaja di metri. È noto difatti come la porzione emergente di quelle montagne di ghiaccio, la quale sorpassa talora i cento metri, non rappresenta che la settima parte del totale; sicchè cento metri d'altezza emergente darebbero alla montagne di ghiaccio 700 metri d'altezza totale. Com' è possibile, ripeto, che quelle montagne e quei campi di ghiaccio siano porzioni di una crosta formata dal congelamento invernale della superficie del mare?

Non mancano dati positivi per mostrare come il supposto di tale formazione sarebbe il più grosso degli assurdi possibili. Non parliamo delle osservazioni in genere che si trovano in tutte le descrizioni dei viaggi artici. Vi sono parecchie esperienze dirette, per stabilire l'ingrossamento possibile della crosta di ghiaccio che può formarsi nelle regioni più avanzate verso il polo. Una grossezza di due a tre metri è già fuori dell'ordinario; eccezionale affatto è quella di tre a cinque. Soltanto nelle baje più interne, dove l'acqua è più cheta e più immediata l'influenza del gelo che stringe d'inverno le artiche terre, il ghiaccio marino può raggiungere uno spessore di sei metri. Da cinque o sei metri a 100 o a 1000 ci corre. Se la ghiaccia polare non è e non può essere marina non ci rimane che di ritenerla d'origine terrestre.

L'origine terrestre della ghiaccia marina fu già presentita, anzi sostenuta da Frobischer nel 1577, per la semplice ragione che le montagne natanti sono composte di ghiaccio d'acqua dolce. Il ghiaccio che si forma sulla superficie del mare, o quello che soltanto vi sia immerso, è intollerabilmente salato. Aggiungi che le montagne di ghiaccio sono cariche sovente di rupi, sporche di terra, e talvolta interamente coperte di detrito roccioso. Del resto l'idea che i ghiacci galleggianti venissero da terra, era già ammessa universalmente prima che si facesse strada la *teorica glaciale*, cioè prima che fosse conosciuta la fisica dei ghiacciai terrestri colle sue applicazioni alla geologia. Ma la comune dei geografi non sapeva rendersene ragione affatto, o li attribuiva ai grandi fiumi che difatti, nella stagione del disgelo, giungono al mare Glaciale carichi di numerosi e talvolta enormi pezzi di ghiaccio provenienti dal rompersi della crosta ghiacciata di cui si coprono d'inverno i fiumi settentrionali, anche sotto latitudini abbastanza temperate. Ma che ci hanno a vedere delle semplici lastre di ghiaccio di qualche metro di grossezza, colle isole o montagne di ghiaccio centinaja di metri grossi, e dell'estensione anche di molte miglia? No: dobbiamo ancora ricorrere ai veri ghiacciai terrestri, se vogliamo vedere dove e come si formano veramente le *montagne di ghiaccio*.

Abbiamo già visto quanto siano immani, in confronto di quelli delle Alpi, i ghiacciai che discendono dalle alture delle terre polari, le quali, può dirsi, non son altro che vasti ghiacciai, sui quali l'acqua non discende che sotto forma di neve. Prescindendo da quella breve zona alla base che si spoglia dovunque di neve, come abbiam detto, durante l'estate, su quelle terre non c'è che neve e ghiaccio. L'*Inland-Ice* (campo di ghiaccio o ghiaccia terrestre interna) che ricopre del resto la Groenlandia, dev'essere, dice l'Helland, più vasto di tutta la Scandinavia. Visto dall'alto delle montagne littorali, esso è un gran mare di ghiaccio senza confini, che si distende sulla terra, levandosi verso l'interno con pendìo così morbido da sembrare un'immensa pianura.

Digitized by Google

Egli non scorse nessun picco ignudo sporgere di mezzo alla ghiaccia. Rupi nude si osservano soltanto sul davanti verso il mare. Questo deserto di ghiaccio è percorso da torrenti, prodotti dal disgelo, che scorrono entro letti di purissimo ghiaccio. Non sempre questi sono tali da potersi guadare. Soltanto ai limiti interni della zona che si spoglia di nevi d'estate, si spiccano dalla interminabile ghiaccia interna, individuandosi, i ghiacciai, che discendono poi fino al mare, e vi si avanzano più o meno seguendo i loro letti naturali che sono, come nelle Alpi, le valli, che qui si continuano coi *fjords*. È vero che queste sono interamente nascoste sotto il ghiaccio verso l'interno; ma poi verso il mare si mostrano aperte, prolungandosi appunto coi *fjords*, i quali non son altro che le porzioni littorali delle valli, entro le quali s' insinua il mare. Con codesti particolari dell'Helland noi siamo soltanto a 69° 10 di la-

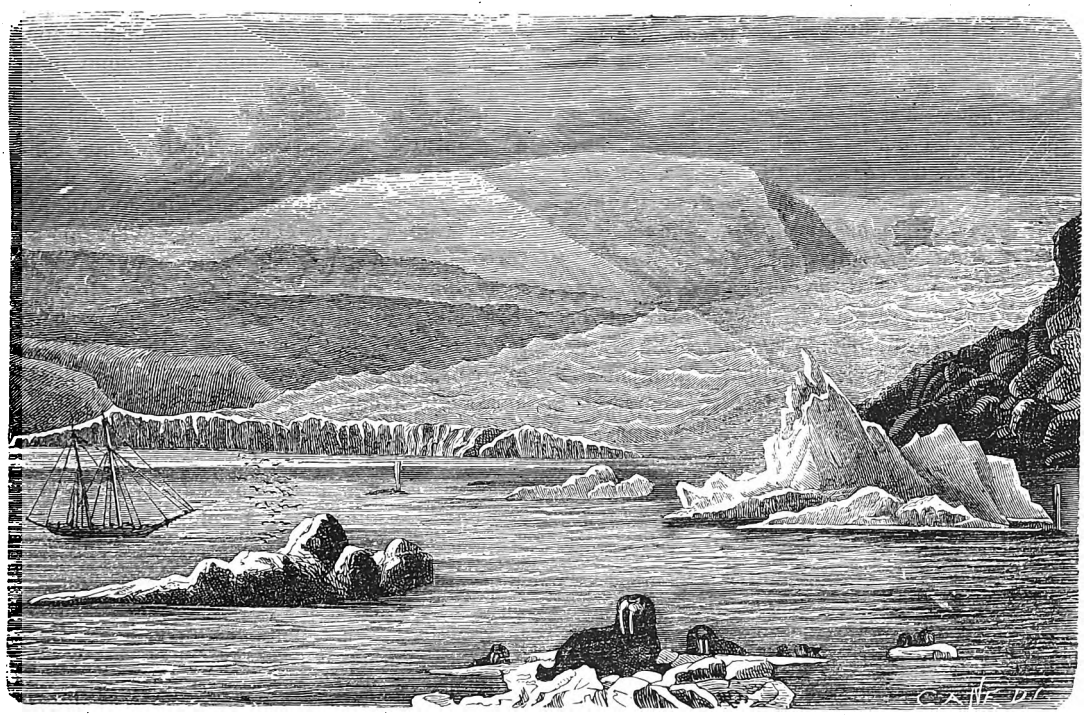


Fig. 240. — Fronte del ghiacciajo di Tyndall terminante a parete verticale verso il mare sparso di *montagne galleggianti* sulle coste della Groenlandia.

titudine. Più oltre la zona spoglia di nevi d'estate, naturalmente si assottiglia: ma abbiam visto che non scompare giammai. Attraversando quella zona, da tutte le terre polari, scendono i ghiacciai al mare, il quale per entro ad esse si dirama in un labirinto di canali e di stretti. La cosa è a tal punto che tutti quei ghiacciai, se non fosse il mare, confluirebbero insieme entro quei canali, come confluiscono nelle Alpi per le valli confluenti, e come questi, unendosi molti insieme, formerebbero soltanto un certo numero d'enormi ghiacciai, che verrebbero a metter foce nell'oceano Atlantico o nel Pacifico, secondo il numero degli sbocchi, che mettono nell'uno o nell'altro. Un solo ghiacciajo per esempio (prescindendo come dissi dalle interne diramazioni del mare polare) spiegherebbe la sua fronte tutta d'un pezzo nella baja di Baffin; un secondo nello stretto di Bering; un terzo nel Nord Atlantico tra la Groenlandia e l'Asia. Che cosa impedisce ai ghiacciai delle terre polari di confluire verso i mari suddetti e di raggiungerli? — Il mare stesso glielo impedisce colle sue diramazioni entro l'artiche terre. Appena ciascuno degl'infiniti ghiacciai attinge uno dei molti canali, il mare è pronto a pigliarlo d'assalto, a demolirlo, a farlo a brani. La testa di ciascun ghiacciajo è continuamente troncata, sicchè, in luogo di presentare, come fanno i ghiacciai dell'Alpi, una fronte ogivale, o semicircolare, che termina con un pendìo,

Digitized by Google

riducendosi a zero la sua grossezza sulla estrema linea di confine, forma invece una muraglia verticale, tanto alta, quanto è alto il ghiacciajo. La parete di ghiaccio a picco del ghiacciajo di Horn-Sonad, misurata da Scoresby, aveva 120 metri d'altezza sul pelo del mare. Supposto, come è molto probabile, che non si appoggiasse sul fondo, doveva avere 840 metri d'altezza totale, senza contare il di più che può sommergersi un ghiacciajo, stante la sua rigidezza, come vedremo. Ora si capisce come quella muraglia, sbrecciata dal mare, possa dare tali montagne di ghiaccio che, « mettendosi a galla » in balìa delle correnti, accostandosi od anche concentrandosi insieme, avremo tutti i requisiti, perchè nulla più ci rimanga da chiedere circa l'origine degli *icebergs* degli *icefelds*, dei *pack*, e di tutta quella mostra spettacolosa di ghiaccio di cui gli artici mari sono, d'inverno come d'estate, spaventoso teatro.

Questo è punto da intendersi e da ritenersi bene, se si vuol capacitarsi di ciò che diremo più tardi, quando ritorneremo a chieder conto della ghiaccia antartica, dimenticata in quest' analisi di fatti. Tutti i viaggi verso il polo boreale ci portano a stabilire senza eccezione questo fatto che in nessun punto fin dove occhio umano è giunto a penetrare, la ghiaccia artica s'è mostrata immobile ed unita, formando cioè una muraglia, altrove che dove i ghiacciai terrestri confinano col mare. La vera ghiaccia marina è tutta mobile, irregolare, formata a guisa di un mosaico di pezzi, grossi come montagne, la quale, se si tien unita d'inverno, mediante una ghiaccia sottile, si scompone d'estate. L' Hayes era partito appunto per superare, parte in slitta, parte a piedi, quella ghiaccia apparentemente compatta che ingombrava il canale di Kennedy. Impiegò un mese, tutto di pericoli e di stenti inenarrabili, per attraversare quel caos di colli, di rupi, di guglie, di picchi, insomma di montagne di ghiaccio d'ogni forma e d'ogni dimensione, che formavano quell'ingombro indescrivibile. Così giunse oltre l'82°, in riva al libero mare. Ma che? di ritorno per la stessa via, si trovò ben imbarazzato a raggiungere la nave, lasciata più in quà verso l'80°, perchè i calori estivi si erano fatti sentire fin entro quei dominî più inespugnabili del freddo. La ghiaccia scricchiolava sotto i piedi rompendosi, scomponendosi tutta, sminuzzandosi in pezzi ondeggianti entro una rete di liberi canali da cui centinaja e migliaja di colossali trichechi sporgevano le nere teste orribilmente grugnando.

Che concludere da tutto ciò? — Questo che la ghiaccia marina non è formata altrimenti che dai pezzi di ghiaccio, i quali si staccano dai ghiacciai terrestri, nell'atto che tuffano in mare le loro fronti smisurate. Sono le montagne di ghiaccio che indi si staccano, formando una fitta di galleggianti in balìa delle correnti che discendono verso l' equatore. Ma quelle montagne di ghiaccio, dopo d' essersi cullate nelle onde tepide sempre anche sotto quelle estreme latitudini, e già intese a guadagnare più miti paraggi, sorprese dall' inverno per via, si arrestano, si cementano insieme e formano la ghiaccia mostruosa che troppo male fu presa per ghiaccia marina.

Ma qui in codesto rimescolìo di ghiacci, dove tutto è una colossale, inestricabile confusione, in mezzo alla quale un vascello d'alto bordo si perde come un fuscellino in una foresta sradicata dalla bufera, non verremo no certo a studiare il modo come si formano le montagne di ghiaccio; come si fondano insieme formando i mostruosi *icebergs* e gli sconfinati *pack;* come si liberino dalle strette che le tengono prigioniere alcun tempo, e come finalmente divengono padrone della via che le conduce rapidamente verso l' equatore, portando sempre l'impronta della loro origine terrestre. È ancora dentro i *fjords* della Groenlandia che codesto, quasi direi, dramma della natura, si svolge con men difficile intreccio, e può studiarsi in tutte le sue scene successive.

Abbiam detto che i ghiacciai nei *fjords*, attraversata la zona delle nevi non persistenti e giunti al lido, si tuffano e si avanzano in mare incapaci tutta prima d'arrestarne le mosse. Quello che si mostra in fondo al *fjord* di Kangerdlurssuack in Groenlandia (71° 15 di lat. N.) vi si avanza in mare 8 chilometri, mentre dieci o dodici altri ghiacciai minori discendono sulle due opposte sponde (Fig. 241). Ma questo è uno dei più piccoli. Enorme dev'essere l'avanzamento di quel *ghiacciajo di Humboldt*, o sistema di ghiacciai come l'abbiam descritto, che spiega la sua fronte bagnata dal mare sopra una costiera di quasi 300 miglia! Un altro stupendo ghiacciajo polare, benchè molto più piccolo, è il *ghiacciajo di Tyndall*. La figura, che noi abbiamo copiata dal *Viaggio* di Hayes (Fig. 240), è molto istruttiva per questo che mostra come la fronte dei ghiacciaj polari, una volta che si bagni in mare, prende la figura di una muraglia, o parete di ghiaccio. Ma accontentiamci per ora dei particolari accertati che possiamo raccogliere dalle descrizioni dateci da vero scienziato come è

Digitized by Google

l'Helland, il quale non solo vide, ma studiò a fondo i ghiacciai della Groenlandia. Essi sono grandi abbastanza per darci un'idea adeguata della potenza di questi Titani di nuovo stampo che lottano da secoli, non contro il cielo, ma contro il mare, lanciando in seno all'implacabile elemento le loro montagne.

9. Sono in particolar modo descritti dall'Helland appunto il ghiacciajo che inoltra la sua fronte in mare in fondo al *fjord* di Kangerlugssuak (Fig. 241) e gli altri due ghiacciai che, maestosamente fluendo dal mare di ghiaccio che ricopre quel vasto paese, sboccano in fondo ai due *fjords* di Tursukatak e di Jacobshavn. Il primo è alto 105 metri, il secondo 280 sul livello del mare. Ambedue si spingono in mare molto lontano dal lido; quello dalla Jacobshavn, più minutamente descritto, con una fronte di 4 chilometri, s'avanza in mare 21 chilometri. Naturalmente si avanzano strisciando sul fondo, fino a tanto che l'acqua sia abbastanza alta per reggerli a galla. Calcolando sempre in ragione di 1 a 7 la porzione emergente, la profondità richiesta pei due ghiacciai sarà quindi di 630 metri pel primo, e di 1680 pel secondo. Vedremo come diffatti la raggiungono, e n'abbiano anche d'avanzo, perchè i *fjords* sono profondissimi. Non bisogna credere però che un ghiacciaio, raggiunta un'altezza d'acqua sufficiente per galleggiare, sia costretto sull'istante a mettersi a galla. No: formando esso un corpo rigido, può continuare a sommergersi, come una trave, come un remo nell'acqua, a profondità molto maggiori. È curioso quello che dice l'Helland degli *icebergs* ch'egli vide staccarsi immediatamente dalla fronte del ghiacciajo di Jacobshavn in un punto in cui la parete di ghiaccio verso il mare era alta circa 40 metri sul livello di questo. Quegli *icebergs*, dopo aver fatto il loro tonfo nell'acqua, levandosi a galla, misuravano 70 metri d'altezza emergente, superando cioè di 40 metri l'altezza della parete. Ciò vuol dire naturalmente che il ghiacciajo si tuffava ad una profondità 30 metri maggiore di quella che gli avrebbe concessa libertà di galleggiare, quando non fosse stato trattenuto dalla propria rigidezza. Si può quindi ritenere in tesi generale che i ghiacciai, raggiunta la debita profondità sottomarina, devono sopportare una forza idraulica che li sospinge dal sotto in su; forza che nel caso accennato doveva raggiungere la potenza di tre atmosfere. Pare sia questo il motivo principale che determina il rompersi della fronte dei ghiacciai polari in grossi pezzi, che diventano *montagne di ghiaccio*.

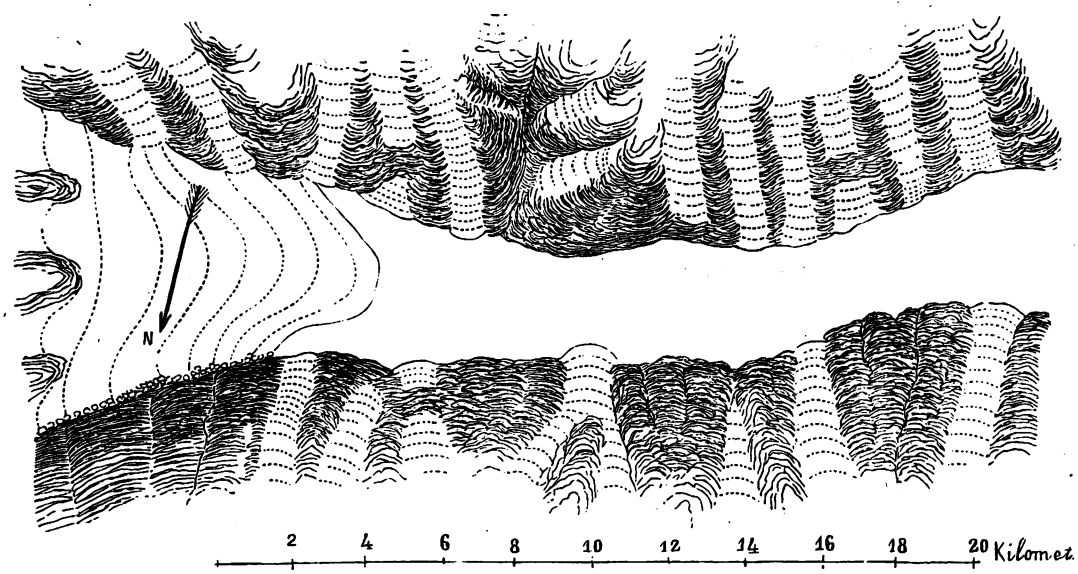


Fig. 241. — Ghiacciajo in fondo al *fjord* d Kangerdlurssuak in Groenlandia (1).

Qui incomincia in ogni caso fiera e ostinata la lotta tra l'invasore e l'invaso; cioè tra il ghiacciajo e il mare. I due campioni sono degni l'uno dell'altro. Appena il ghiacciajo non

(1) Questa figura è copiata dalla memoria di Helland: *Om de Isfyldte Fjorde og de Glaciale Dannelser i Nordgrotand.*

Digitized by Google

sia più capace di toccare il fondo, il mare, che non l'ha lasciato in pace fin dal primo istante del suo ingresso entro i suoi dominî, tutto lo piglia, abbracciandolo dal sotto in su, lo dondola, e bruscamente lo scrolla, battendolo in breccia al tempo stesso, specialmente coll'infierire della tempesta. Così scrollato e battuto il ghiacciajo si screpola, si sfonda, e la sua estremità diventa uno sconnesso mosaico di enormi pezzi di ghiaccio male aderenti tra loro (Fig. 242). È allora naturalmente che enormi brani se ne staccano rovesciandosi in

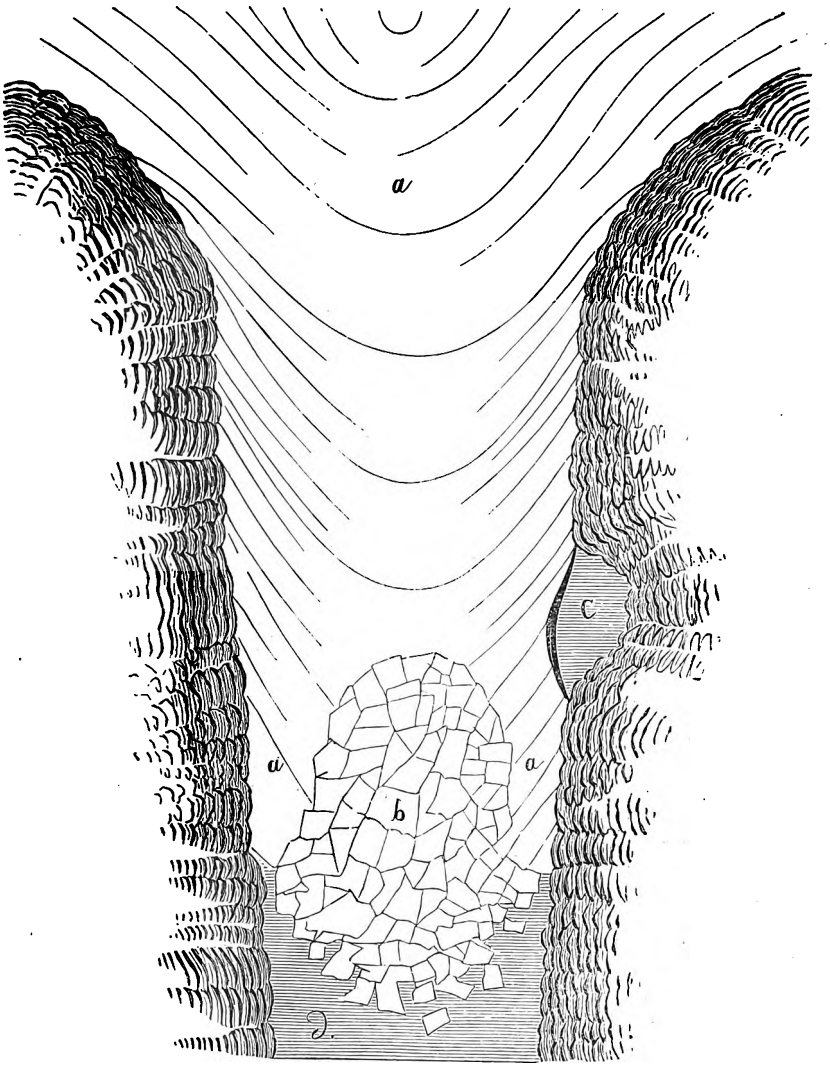


Fig. 242. — Fronte di un ghiacciajo in fondo ad un *fjord* di Groenlandia durante l'estate (1).
a) Ghiaccio fisso. — *b*) Area sulla quale il ghiacciajo si rompe producendo gli *icebergs*. — *c*) Baja libera sul lato sinistro del ghiacciajo. — *d*) Mare.

mare (Fig. 243), sicchè la fronte mozza del ghiacciajo prende quell'aspetto di parete a picco che abbiamo descritto (Fig. 244). Tutti questi particolari li devo, se giova ripeterlo, all'Helland, il quale ebbe la bella sorte di notarli e studiarli minutamente, e di assistere coi proprî occhi alla genesi spettacolosa delle montagne di ghiaccio, poi la bontà di comunicarmi personalmente i più minuti dettagli.

(1) Questa figura rappresenta schematicamente un ghiacciajo della Groenlandia, quale mi fu verbalmente descritto dal Sig. Helland di Cristiania, e che dev'essere, se la memoria non mi tradisce, il ghiacciajo di Jacobshavn. La baja *c* laterale al ghiacciajo è soggetta alle maree, ed indica quanto profondamente s'insinua il mare sotto lo stesso ghiacciajo.

Digitized by Google

Trovavasi egli un giorno nel già più volte citato *fjord* dell' Jacobshavn, di fianco a quell'enorme ghiacciajo in guerra permanente col mare. Quand'ecco (una sola volta in tre giorni) uno spaventoso scroscio si udì, e si vide levarsi nell'aria una bianca nube di spume, miste probabilmente a schegge di ghiaccio. In quell'istante, dalla fronte già tutta sbrecciata del ghiacciajo, staccossi un pezzo enorme di ghiaccio, che, appena scioltasi quella nube che lo nascondeva nel suo precipitarsi nell'onde, fu visto sollevarsi sull'onde stesse ondeggiando e rotando spaventosamente. In queste mosse, gli spigoli e le guglie, ond'era irto il masso medesimo, urtando qua e là, volavano in frantumi, che ricadevano poi come una gragnuola di pezzi scheggiati. Al primo schianto, avvenuto verso il mezzo del ghiacciajo, tenne dietro un altro in altro punto. Un gran masso staccatosi fu visto muoversi orizzontalmente, na-

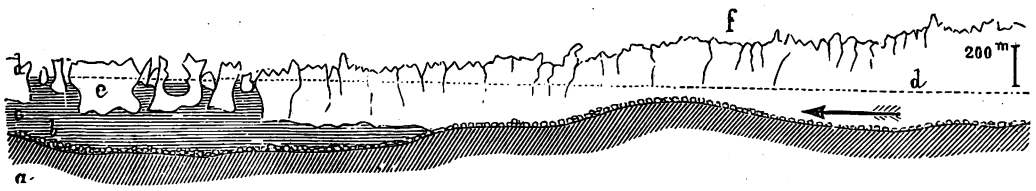


Fig. 243. — Profilo di un ghiacciajo che sbocca in un *fjord* profondo.

a) Fondo nativo del fjord. — *b*) Strato di detrito glaciale sul fondo del mare. — *c*) Mare. — *d*) Livello del mare. — *e*) Ghiacciai galleggianti *(Icebergs)* che si staccano dalla fronte del ghiacciaio. — *f*) Ghiacciajo che discende da terra, e s'inoltra in mare

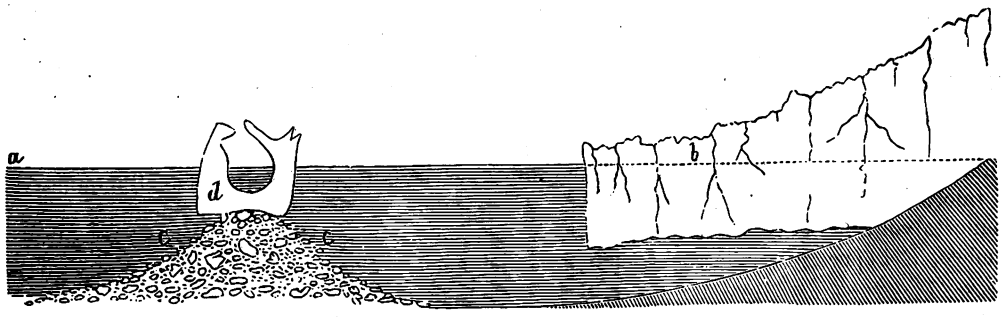


Fig. 244. — Fronte di un ghiacciajo che sbocca in un *fjord* incrociato da una vecchia morena frontale sottomarina abbandonata nel regresso (1).

a) Mare. — *b*) Ghiacciajo. — *c*) Banco, ossia antica morena sottomarina, — *d*) *Iceberg* arenato sulla morena sottomarina.

vigando colla velocità di circa un metro il minuto secondo. Bisogna notare che non due montagne di ghiaccio formaronsi, ma molte, perchè i due grandi pezzi in molti si erano divisi cadendo. Non sa l'autore quanti *icebergs* si sieno formati in quell'occasione, mentre quella nube di spruzzi e di schegge celava buona parte della fronte del ghiacciajo e tutti i vecchi *icebergs* sulla fronte stessa ballavano coi nuovi una danza infernale, con musica di continui scrosci e fracassi d'ogni maniera, creando una confusione indescrivibile, che non volle acquietarsi prima che fosse passata una buona mezz'ora. Una montagna di ghiaccio, formatasi in quell'occasione, aveva 89 metri di altezza emergente. Dandole una forma regolare, quella per esempio di un cubo, avrebbe avuto 602 metri d'altezza totale. L'Helland ne osservò parecchie altre di sformata grossezza, tre dello quali superavano gli 83 metri. Per la massima, che misurava un'altezza di 121 metri calcolò che la porzione emergente doveva essere di 3 milioni di metri cubici, per cui doveva avere, un volume totale di 21 milioni di metri cubici e, riducendola a forma regolare, un'altezza di 847 metri.

10. Qui abbiamo visto dunque come si generano quelle montagne di ghiaccio, che s'incontrano natanti nell'uno e nell'altro emisfero, lontane centinaja e migliaja di miglia dalla loro culla, nè ci farà più maraviglia la loro sterminata grossezza. Se non bastano gli esempi citati, ricorderemo gli *icebergs* incontrati da William Baffin nel 1615, nello stretto di Hudson, che avevano da 200 a 240 piedi

(1) La figura 244 è disegnata sopra uno schizzo lasciatomi dal sig. Helland di Cristiania.

Digitized by Google

d'altezza emergente; quello che il tenente Beechey nel 1818 vide staccarsi dal ghiacciajo dello Spitzberg, con una circonferenza di un quarto di miglio, 60 piedi d'altezza emergente, e un peso calcolato di 421,660 tonnellate. C'era da caricarne, dice l'Erizzo, 140 bastimenti da 3000 tonnellate. Come quelle montagne galleggianti siano poi condotte a mano a mano ad ingrossare l'esercito che si avvia, per più larghe foci, verso il libero oceano è presto inteso. Mentre sembra che stiano semplicemente cullandosi nel *fjord* nativo, il movimento lento ma generale dell'acqua del canale verso il libero mare, a poco a poco li allontana dalla fronte del ghiacciajo, e li disperde; avvicinandoli a mano a mano allo sbocco. Così il *fjord* mostrasi sparso dovunque di ghiacci galleggianti, che formano talvolta una natante congerie assai fitta. Se non riescono ad uscire dal *fjord* prima che venga l'inverno, colti dal gelo, rimangono imprigionati nella crosta di ghiaccio che si forma sulla superficie del mare in quella stagione. Ma viene la primavera; la crosta si rompe e si scioglie: le acque nell'interno del *fjord*, gonfie dai torrenti prodotti dal disgelo, prendono un movimento più veloce verso lo sbocco: i ghiacci galleggianti si pongono di nuovo in via talora con tale rapidità, che il *fjord*, ne rimane talvolta in breve tempo perfettamente sgombro. È l'epoca di quella che si chiama *la sortita dei ghiacci,* la quale si presenta talvolta sotto la forma di una fuga veramente spettacolosa.

Ora poi si capisce come quelle montagne di ghiaccio, riunite a cento a mille in quegli angusti canali, possano formare quegl'*icefelds*, e tutta quella ghiaccia mostruosa, che, a guisa di congerie di monti, si distende tra lido a lido, tutta ricoprendo la superficie del mare. Il gelo invernale, la plasticità del ghiaccio, la forza impellente e premente delle tempeste e delle correnti marine sono le cause principali di quelle congerie, le quali, tutte d'un pezzo durante l'inverno, si scompongono così facilmente d'estate, liberando le montagne di ghiaccio da quella stretta che può solo per alcun tempo impedirne la fuga verso le temperate regioni del libero oceano.

La conclusione di tutto questo si è che la ghiaccia artica non è altro che un accumulamento di pezzi di ghiacciai terrestri, a cui solo eventualmente il ghiaccio, formato dal congelamento della superficie del mare, può servire di cemento durante la fredda stagione. Una volta arrivati a questa conclusione, ci sentiamo fiduciosi di spingere lo sguardo dapprima anche in quella vasta porzione delle regioni artiche poi in quella ancora più vasta delle regioni antartiche, che rimasero sin qui totalmente inesplorate, sembrandoci che la geografia fisica debba tener calcolo, non solo di quanto si conosce di fatto, ma anche di ciò che per induzione si può scientificamente supporre. Domandiamo dunque dapprima che cosa esiste in quegli enormi spazî boreali, non mai da orma umana impressi, nè da alcuna nave solcati? La nostra risposta, breve e precisa, è questa: — Mare, anzi libero mare. —

11. Le terre polari artiche, per quanto sono note al geografo, formano un'arcipelago, composto di isole, sulle quali si distende, interrotta soltanto da canali di mari relativamente angusti, quella crosta enorme di ghiaccio terrestre, che fu chiamata *mare di ghiaccio*. Da questo mare di ghiaccio, di cui le più vaste porzioni sono quelle che coprono la Groenlandia e la terra di Grant, cioè le due terre che fanno sponda, la prima ad ovest, la seconda ad est, al canale di Kennedy, discendono, come abbiamo visto, i ghiacciai. Essi invaderebbero indubbiamente il mare, occupandone i canali, se il mare stesso non lavorasse a conservarne il dominio. Soltanto quell'immane velo di ghiaccio, che gli fanno le montagne natanti che si staccano dai ghiacciai, ci impedisce di chiamarlo *libero mare*. Lo è tuttavia di fatto, non potendosi considerare quell' assemblea di montagne e di campi di ghiaccio che come un temporaneo ingombro, che presto scomparirebbe, se di continuo non potesse rifarsi. Quel mare, relativamente libero, s'insinua da ogni parte verso le regioni inesplorate più prossime al polo. Nulla, nemmeno all' 83° di latitudine, accenna ch'esso abbia confini. Per me ritengo che non gli ha, nè li può avere, che anzi più s'interna verso il polo, e più si allarga, tanto da potersi ritenere che esso occupi tutta la regione oltre l'83° di latitudine.

Il primo argomento a cui mi appoggio è questo, che le terre circumpolari non sono che isole. Pare dimostrato che lo sia anche la Groenlandia, cioè quella terra che fu già vista avanzarsi maggiormente verso il polo. Non mancano infatti le prove della comunicazione tra il Nord-Atlantico e la baja di Baffin pel canale di Kennedy: quantunque, come abbiam detto, non dia luogo da quella parte ad una forza di ghiacci galleggianti. Le balene d' identica specie che s' incontrano nei due mari sarebbero già una di tali prove: aggiungi quella più convincente, cioè di balene,

Digitized by Google

ferite dai pescatori nel Nord-Atlantico, che furono poi rinvenute nella baja di Baffin.

Un secondo argomento del mare interno, o mar polare propriamente detto, ci è fornito dalla perenne *dérive*, ossia dal convoglio perenne delle montagne di ghiaccio, che, uscendo dalle regioni inesplorate, percorre come un esercito in rivista, il canale di Kennedy, massimo confluente dei ghiacci nella baja di Baffin. I ghiacciai che fiancheggiano il canale di Kennedy non sarebbero capaci di alimentare quell'eterno convoglio di migliaja e di milioni di montagne di ghiaccio. Le spedizioni polari c'insegnano infatti che sono poche le montagne di ghiaccio che si staccano dai ghiacciai lungo il canale, mentre vengono per la maggior parte dall'imbocco nord del canale stesso. Là dentro dunque mettono foce infiniti ghiacciai; ma là dentro deve pure esistere un gran recipiente che le accolga, e le convogli; cioè un mare.

Un terzo argomento lo cavo dal supposto che quelle inesplorate regioni, invece di essere occupate da un mare, lo fossero da un continente. I ghiacciai, radianti dal supposto rilievo che sorge dal mezzo della regione polare, non potrebbero aver sfogo, che radiando in tutte le direzioni verso quell'anello di mare per cui furono possibili i passaggi Nord-ovest e Nord-est dall'Atlantico al Pacifico per lo stretto di Bering. Che altro potrebbe fare infatti, per un supposto, la Groenlandia, quando sorgesse entro il recinto polare? Ma in questo caso le montagne di ghiaccio, enormi di grossezza e infinite di numero, ingombrerebbero il mare ora libero tutto all'ingiro del polo. Come va dunque che relativamente piccole e scarse son esse principalmente nel Nord-Atlantico, mentre tanto grosse e fitte si trovano nel Canale di Kennedy, che a guisa di semplice *fiord* verrebbe a chiudersi con breve porzione della spiaggia del supposto continente? È dunque un mare interno quello in cui si scaricano i ghiacciai discendenti dalla cerchia delle isole polari, e convoglia le montagne di ghiaccio verso l'imbocco del canale che solo può scaricarle.

Un quarto argomento dell'esistenza del mar polare ci è prestato dalla corrente che discende per la baja di Baffin verso l'oceano Atlantico. Emula del *Gulf-Stream*, non può essere alimentata che da un gran mare interno. La corrente dello stretto del Sund ha dietro di sè il mar Baltico: la Megarena, ossia la gran corrente del Bosforo, ha le sue scorte nel mar Nero: la gran corrente dello stretto di Gibilterra ha per alimentarla nientemeno che l'Atlantico. Come potrebbe vivere la gran *corrente polare*, eterna scaricatrice delle montagne di ghiaccio se, imboccando il canale di Kennedy, principale confluente, non avesse ugualmente un mare dietro di sè?

Ho detto che il mar polare, cui osiam dire ormai, non supposto, ma dimostrato, dev'essere un mar libero; almeno relativamente libero. L'esistenza di un libero mar polare fu già presentita, per non dire dimostrata, dai più celebri fisici, nominatamente dal Maury, per la ragione che esso mar polare doveva essere il luogo d'arrivo e di ritrovo di tutte quelle acque calde le quali, con un sistema di correnti tanto visibili e note, fluiscono dall'equatore verso il polo Artico. Quel mar polare è per Maury come la bocca di un gran calorifero, da cui escono le acque equatoriali, spoglie nella massima parte del loro calore, per rovesciarsi, come sistema di correnti fredde, ritornando di nuovo verso l'equatore. Gran fatto intanto è questo che verso il polo vanno crescendo tanto la temperatura del mare, come quella dell'atmosfera. Tutti sanno che il *polo del freddo*, cioè il punto di freddo massimo, si trova più alto d'inverno, più basso d'estate, ma sempre in una zona di latitudine inferiore ai punti già elevati raggiunti finora dalle spedizioni artiche. Il polo estivo del freddo, per esempio, è posto sopra una linea che corre tra il 62° e il 63° di latitudine nord. Tutto ci obbliga a credere insomma che il mare, avanzandosi verso il polo, debba guadagnar sempre una temperatura più mite in confronto di quelle osservate finora nei luoghi raggiunti dalle spedizioni polari. Il mare dunque deve farsi sempre relativamente più libero; cioè gelar meno d'inverno e sgelare più presto d'estate.

12. Abbastanza sicuri di ciò che abbiam visto o potremmo vedere navigando verso il polo artico, possiam prendere coraggio a domandarci che cosa troveremmo, quando ci fosse dato di oltrepassare quella barriera di ghiaccio, che si oppose inesorabile a quanti tentarono la via del polo antartico. — In quali condizioni dunque si trovano le regioni antartiche affatto inesplorate? Che cosa incontreremmo quando ci fosse possibile in qualunque modo di violare i confini della grande muraglia di ghiaccio, e di spingerci fino al polo? — La risposta sarà anche qui breve e sicura, ed è questa che al mar polare Artico corrisponde un continente polare Antartico.

Tra gli argomenti della tesi che potremmo

Digitized by Google

cavare dalla geografia, c'è questa anzi tutto della corrispondenza, o piuttosto dell' opposizione, delle terre e dei mari agli antipodi. Fu osservato da lungo tempo, che, si può dire senza eccezione, ad ogni terra corrisponde agli antipodi un mare, e ad ogni mare una terra. Se un fatto, di cui deve ancora confessarsi ignota la ragione, potesse tradursi in legge, al mar polare Artico dovrebbe corrispondere un continente Antartico. Accontentiamoci di riconoscere semplicemente quella che logicamente si chiama *legge d'analogia*: ma quanta parte delle scienze fisiche sussisterebbe realmente, se questa legge si cancellasse dal codice dell'umana ragione?

Un argomento geologico più convincente si può cavare dai vulcani, cioè da quella ch'io ho chiamata *legge di perimetrismo*, basata sul fatto che tutti i vulcani del globo disegnano, nel senso più o meno lato della parola, il perimetro dei continenti. Per dirlo in altro modo, i vulcani si trovano costantemente sui confini o sulla zona di confine tra i continenti ed i mari. I grandi e numerosi vulcani, attivi o spenti, scoperti da Ross sul lembo esterno della terra Vittoria, e molti altri che si scopersero nelle isole sparse nel mare che circonda la regione polare antartica, apparterrebbero, per la legge di perimetrismo, ad un continente antartico.

Ma l'argomento più certo, ch'io ritengo anzi indiscutibile, dell' esistenza del continente antartico, ci è fornito precisamente da quella stessa muraglia di ghiaccio, che abbiamo vista tutta all'ingiro segnare i confini dell'oceano. Chi può segnare confini al mare se non una terra? Qui siamo, bisogna confessarlo, nella stretta d' un dilemma. Quella grande muraglia di ghiaccio, che si eleva non interrotta e a picco talvolta centinaja di metri sul pelo delle acque, e si sprofonda altre centinaja, certamente parecchie, di sotto al pelo stesso, quella muraglia dico, o è marina, o è terrestre. O è marina, cioè formata dal congelamento spontaneo e immediato del mare; o è terrestre, cioè formata tutta all'ingiro dalla confluenza di una serie non interrotta di ghiacciai, che discendano da una terra coperta da nevi perpetue. Spero che il lettore non vorrà obligarmi a ripetere gli argomenti coi quali ho già dimostrato non potersi formare sul mare una crosta qualunque di ghiaccio persistente, e che poi sarebbe il più grossolano degli assurdi l'ammettere l'immediata formazione di una crosta, la quale potesse raggiungere lo spessore di centinaja e migliaja di metri. Dico centinaja e migliaja di metri; perchè le montagne di ghiaccio e le isole natanti che si staccano dalla grande barriera, e vanno talvolta a far mostra di sè fino al capo di Buona Speranza, ci forzano ad ammettere che la ghiaccia antartica raggiunga uno spessore anche maggiore di quello dell' artica, la quale ci ha già dato per l' appunto cifre di centinaja e migliaja di metri. Le ragioni che ci hanno obbligato ad escludere assolutamente l'origine marina della ghiaccia artica, reggono non solo, ma crescono di peso per l' antartica. Dimostreremo infatti a miglior uopo che il clima antartico è in generale più mite del clima artico. La cosa è dimostrata specialmente, e senza eccezioni, pel clima invernale, quello al cui rigore nell' opposto emisfero è dovuto il temporaneo congelamento del mare. Qui, intorno all' antartico polo, se una crosta di ghiaccio si forma, durante l' inverno, dev' essere più sottile di quella che ricopre temporaneamente gli artici mari, e sciogliersi più presto d'estate. Intorno alla barriera di ghiaccio del resto non c'è che libero mare, sparso di ghiacci galleggianti, grossi assai più ma anche assai più radi di quelli che compongono così compatta talora l'artica ghiaccia. Dunque è inevitabile; l' antartica muraglia di ghiaccjo non può essere una crosta formata dall' immediato congelamento del mare. Se non è formata dall' immediato congelamento del mare, non può essere che la fronte di un grande ghiacciajo, o piuttosto di un sistema di mille e mille ghiacciai confluenti, che discendono da un continente interno, avanzandosi serrati e compatti in seno all' oceano. Se le artiche muraglie di ghiaccio in fondo ai *fjords* e sui fianchi dei canali sono le fronti di altrettanti ghiacciai, questa barriera antartica non è che l' unica fronte, composta di tante fronti di altrettanti ghiacciai, formanti un solo ghiacciaio. Se le montagne di ghiaccio natanti sui mari artici non sono che frantumi di ghiacciai terrestri, devono esserlo del pari le isole galleggianti sull' antartico mare. Ma se, finalmente, i ghiacciai artici discendono da altrettante terre; quest'unico ghiacciajo, composto di mille, deve discendere da un' unica terra, cioè da un gran continente, tutto coperto di nevi e di ghiacci eterni.

Il continente Antartico è insomma una sformata Groenlandia, con questa sola differenza che il mare di ghiaccio, ossia l' *Inlandeis* o ghiaccia terrestre da cui è ricoperto, non si arresta già, come fa l' *Inlandeis* boreale, a certa altezza dal mare, ma lo raggiunge, vi

Digitized by Google

si spinge, spiegando tutto all'ingiro l'immane sua fronte, da cui si spiccano le montagne di ghiaccio, che si sparpagliano su tutto l'oceano, fin oltre il 40° di latitudine. La terra Vittoria scoperta da Ross, e la terra Adelia colle altre scoperte da Dumont D'Urville, non son altro indubbiamente che una porzione perimetrica di quel gran continente, di cui è serbato alle future spedizioni di segnare almeno i confini.

Tre fatti abbiamo dunque stabiliti fin qui:

1.° La ghiaccia polare, boreale od australe che sia, è tutta d'origine terrestre, cioè formata dalla congerie delle montagne di ghiaccio che si staccano dai ghiacciai.

2.° La regione polare artica inesplorata è occupata da un mare, il quale può essere semplicemente una continuazione dell' arcipelago Artico, ma molto probabilmente più libero da terre e da ghiacci.

3.° La regione polare antartica è per l'opposto occupata da un continente, coperto di ghiacci che ha per confine, in media verso il 70° parallelo, la barriera di ghiaccio.

13. Abbiamo dovuto stabilire questi fatti, perchè è soltanto dopo averli ammessi che possiamo affrontare il grave problema della sproporzione tra le due ghiacce. L' abbiamo già detto: trattasi di una ghiaccia da 8 a 9 milioni di chilometri quadrati da parte del polo Artico, in confronto di una ghiaccia antartica di 45 a 46 milioni. Prego i lettori a non sottilizzare sulle cifre: si levi o s'aggiunga, la sproporzione sarà sempre enorme. Qui sta la questione. Ma questa sproporzione (si badi bene) che sarebbe di 1 a 5 all'incirca calcolando all' ingrosso l' estensione rispettiva delle due ghiacce, ci diventa ben maggiore appena si cerchi d' indovinare lo spessore relativo e il volume delle due ghiacce. Per vedere come la ghiaccia antartica deve avere una massa, non cinque ma dieci o venti volte maggiore dell'artica, basta riflettere quanto segue: 1.° La ghiaccia artica è tutta frastagliata, e lascia vedere il libero mare fino nelle più elevate latitudini; l'antartica invece è almeno oltre il 70° di latitudine tutta d'un pezzo d'estate e d'inverno; 2.° La ghiaccia artica è più sottile; l'antartica più grossa; 3.° La ghiaccia artica non giunge fino al mare; l'antartica ci giunge e vi si interna dovunque.

Come si spiega dunque codesto enorme sviluppo dei ghiacci antartici in confronto degli artici, mentre sono gli stessi i rapporti dei due poli colla sorgente calorifera che è il sole?

L'ipotesi che si presenta più spontanea è quella, ammessa da alcuni geografi, che l'emisfero australe sia più freddo del boreale. I fisici però sono in genere convinti che la media temperatura dei due emisferi non possa essere che approssimativamente identica. Il sole distribuisce con eguale misura ai due emisferi i suoi raggi. È però impossibile nello stato attuale della scienza di risolvere il problema nella sua generalità. Riguardo però a certi fenomeni, a quello nominatamente di cui ci occupiamo, un valore effettivo deve attribuirsi piuttosto alle massime e alle minime, che alle medie temperature. L'emisfero boreale è specialmente distinto per le temperature estreme; pel fatto cioè che le stesse regioni, specialmente nelle zone temperate o fredde, vanno soggette alternatamente ad eccessi relativi di caldo e di freddo. Il clima australe invece si distingue, in rapporto alla temperatura, per la sua fenomenale uniformità. La fisica delle regioni più australi (Nuova Zelanda, terre Magellaniche, Orcadi del sud, ecc.), lo attesta nel modo più certo. La sintesi di tutto ciò che si può dire del clima australe, nei rapporti delle temperature annuali, sta in questo periodo del Grange, lo scrittore della *Parte fisica* del Viaggio di Dumont D'Urville. « Dans l'hemi- » sphère austral la température varie très- » peu dans les différentes saisons, en sorte que » les voyageurs sont etonnés d'y trouver des » étée très-frais et des hivers tempérés. » Se gl'inverni australi sono più miti dei boreali, non sta certamente nelle vicende della temperatura annuale la ragione del maggior sviluppo della ghiaccia antartica in confronto dell'artica: questa invece dovrebbe essere più sviluppata di quella, mentre sappiamo che in tutte le regioni del globo è l'inverno la stagione delle nevi e dei ghiacci.

Mi basta intanto di poter stabilire che nell'una come nell'altra regione polare c'è freddo abbastanza perchè la neve cada e quindi il ghiaccio e i ghiacciai si formino. Data questa condizione la questione della temperatura può lasciarsi da parte, per lasciar luogo a quella della maggiore o minor quantità di nevi che cade annualmente nei due emisferi, e della maggiore o minore quantità di ghiaccio che deve per conseguenza formarsi. Ognuno intende difatti che, ammesse comunque le condizioni pel congelamento dei vapori atmosferici, cioè per la caduta delle nevi, il caderne in piccola o in gran quantità non dipenderà più dalla intensità maggiore o minore del freddo, ma dalla quantità maggiore

Digitized by Google

o minore di vapori che ingombrano l'atmosfera, e possono quindi condensarsi in questo luogo o in quello. Prima però di lasciare affatto da parte la questione della temperatura, bisognerebbe aver distinti gli effetti riferibili alla temperatura atmosferica da quelli che possono dipendere dalla temperatura marina. Della temperatura atmosferica abbiamo già detto: essa è piuttosto sfavorevole che favorevole allo sviluppo comparativo della ghiaccia antartica. Ma è indubitato che anche la temperatura del mare, così varia col variare delle correnti marine nei diversi luoghi, deve esercitare un'influenza almeno negativa sullo sviluppo dei ghiacci. Dico almeno negativa, inquantochè le correnti calde, struggendo più presto il ghiaccio, devono impedirne quel maggiore sviluppo che avrebbe invece in un mare percorso da correnti fredde.

14. Nel mio *Corso di geologia* ho emessa diffatti l'idea che la piccolezza della ghiaccia artica in confronto dell'antartica, fosse principalmente un effetto delle correnti marine calde, cioè di quel gran volume di acque, le quali, partendo dalle vastissime regioni equatoriali, sono obbligate a concentrarsi entro così breve spazio, dove l'oceano Atlantico si perde verso il polo artico in un labirinto d'angusti canali. « L'equatore è l'enorme caldaia, » che riversa una quantità determinata d'ac» qua calda, tanto a sud quanto a nord. Ma » quell'acqua calda va a perdersi nell'immenso » oceano Antartico, mentre a nord si racco» glie piuttosto nei seni relativamente angu» sti, di cui si compone l'oceano Artico. L'o» ceano Artico risulterà quindi più caldo del» l'Antartico. Gli è come se si versasse un » ettolitro d'acqua bollente in un tino che » contiene dieci ettolitri d'acqua gelata, e un » altro ettolitro, in un tino che ne contenga » venti (1) ».

Così ragionavo allora; nè ritengo che anche oggi il mio ragionamento abbia perduto interamente il suo valore. È certo che l'azione calorifera delle correnti equatoriali, condensata nelle angustie degli artici canali, deve esercitarvi più intensamente la sua azione che dove è diluita nell'immensità dell'oceano Antartico. È molto naturale che il disgelo estivo sia per questa causa facilitato nei canali artici e specialmente nel canale di Kennedy. Dal momento poi che è tanto accertata l'influenza benefica del *Gulf-Stream* sul clima delle coste settentrionali d'Europa; è molto probabile che la zona di terre verdeggianti e fiorite che si distende d'estate tra i confini del mar glaciale e quelli delle nevi perpetue, debba attribuirsi, in parte almeno, all'influenza delle acque calde del mare. Vuol dire insomma che, se nelle regioni artiche le cose vanno male per riguardo al clima, andrebbero peggio quando venisse a mancarvi l'afflusso delle correnti equatoriali. Codesto s'intende. Ma intanto le acque calde non impediscono che il mare si geli d'inverno, e che in questa stagione la temperatura discenda fino a 40° e 50° gradi sotto zero. Ciò vuol dire che l'influenza delle correnti marine è minima, nè può essere invocata come argomento di differenze appena considerevoli nelle condizioni delle due calotte polari. La sproporzione invece tra le due ghiaccie, è, non solo considerevole, ma enorme. Al postutto non dobbiamo dimenticare che la sproporzione tra le ghiacce polari si risolve tutta veramente nella sproporzione tra i ghiacciai che ricoprono le terre; e siccome abbiamo visto che il clima terrestre od atmosferico verso il polo antartico è sensibilmente più mite ed uniforme, lo sviluppo enorme degli antartici ghiacci, e la relativa piccolezza degli artici, non possono per nessun verso ritenersi come effetti della temperatura atmosferica, la quale in ogni caso non può entrare nel calcolo che come il minimo dei coefficienti di uno dei più grandiosi fenomeni della terrestre natura. Non c'è dunque altro rifugio che nell'ipotesi che a sud nevichi più che a nord, e che per conseguenza il clima antartico sia molto più umido e vaporoso del clima artico.

Così è; non si tratta d'un'ipotesi, ma di un fatto. Tra i due emisferi, per rapporto all'umidità o vaporosità atmosferica, non c'è solo differenza, ma vera, assoluta opposizione. Il clima polare artico è puro, sereno, d'una secchezza veramente fenomenale; il clima polare antartico è invece grasso, uggioso, d'una veramente fenomenale umidità. Quanto ci venne riferito dagli esploratori delle regioni polari attesta, senza nessuna eccezione, senza lasciarci verun dubbio, questa decisa opposizione tra le condizioni igrometriche ed udometriche delle due calotte.

15. Cominciando a dire della secchezza del clima artico, quali sono, domando ai lettori, le impressioni rimasteci dalla lettura di tante spedizioni dirette verso l'artico polo? Se parliamo dell'impressione del freddo, c'è da sentirselo nell'ossa per tutta la vita. Ma leggeste mai di grandi nevicate, di persone e di navi sepolte sotto la neve? Vi aveste mai sott'oc-

(1) *Corso di geologia*. Vol. I, § 314.

Digitized by Google

chio nessuna di quelle scene di cui s'intessono d'ordinario i racconti delle invernate alpine?

Nelle spedizioni più recenti dell'Hansa, del Tegetthof, della Vega, della Polaris, ecc. è raro che si parli di nevicate, principalmente durante i freddissimi inverni. Vi si parla sovente, per esempio, di villaggi d'Esquimesi, composti di capanne di neve, somiglianti per la forma e per l' altezza a biche di carbone. Basterebbe una di quelle nevate del gran S. Bernardo o del S. Gottardo a seppellirli talmente, che più non ne apparisse vestigia alla superficie. Nulla di tutto questo; anzi affatto il contrario. Le funeste reliquie della spedizione di Franklin si scopersero dopo quattro e fin dopo undici anni, tra il 69° e il 70° di latitudine, sparse alla superficie, e così intatte, come vi fossero state deposte il giorno prima. Non c'erano soltanto oggetti di legno e di metallo; ma gazzette, manoscritti, abiti, tabacco, the, cioccolata, tutto conservatissimo. Come si può spiegare tutto codesto? Da questo dilemma non si esce; o di neve non ne era caduta punto su quei lidi, o quella caduta in tanti anni, vi era totalmente scomparsa. Bisogna sempre dire, anche in questo secondo caso, che la neve caduta, doveva essere stata pochissima. Non sappiamo già forse del resto che il primo alito primaverile basta in quelle gelate regioni perchè la neve caduta d'inverno, si sciolga, e dia luogo a quella zona coperta di verdura e di fiori? Ma c'è un fatto riferitoci dagli scopritori delle reliquie di Franklin, il quale ci dimostra, direbbesi con rigore matematico, che la neve invernale non attinge nelle regioni artiche, che qualche centimetro d'altezza. Il fatto è questo che in più luoghi, dove quelle reliquie giacevano sparse, vedevansi ancora nella neve i solchi impressivi dalle slitte tanti anni prima. Un fatto di questo genere ancora più convincente è quello che si legge dell'equipaggio di Parry, il quale sbarcato alla Possession Bay, tra il 73° e il 74° di latitudine, nel 1819, scorse ancora le orme impresse undici mesi prima, nello sbarco operato nel 1818. In quegli undici mesi dunque o di neve non ne era caduta punto, o non erasene avuta che qualche leggiera infarinatura, incapace di cancellare queste orme.

Del resto che serve? non ci mancano dettagliate descrizioni d'inverni passati sotto le più elevate latitudini. Parry rimase imprigionato tra i ghiacci presso l'isola Melville (74°-75° di latitudine) dal settembre 1819 all'agosto del 1820. Leggete l'ammirabile descrizione di quello sverno. Tutto ci lascia l'impressione d'una serena calma. È tutta una storia di passeggi, di caccie, di commedie e di burle, di lezioni, di osservazioni meteorologiche, di tutto quello insomma che si può fare da una brigata intelligente e vivace, parte per ingannare, parte per utilizzare il tempo di una lunga prigionia in mezzo alla solitudine d' un deserto. A parte il freddo, non si vivrebbe altrimenti in mezzo al Sahara, condannato ad un sereno eterno. Vi si parla moltissimo di archi luminosi, di pareli, d'aurore boreali; ma di nubi, di nevi, forse nemmeno una volta. Gli effetti di codesto sereno imperturbabile e secco delle regioni artiche è tanto bene descritto dal Payer, quando discorre del crepitío dei cristalli di neve in un' aria trasparente e serena, e del tabacco da fumare, che si rompeva da sè in minuta polvere, là sotto l' 80° di latitudine, in quell'inverno passato presso la terra Francesco Giuseppe. Si può immaginare secchezza d'aria maggiore di quella che, a 40° gradi sotto zero, fa svaporare rapidamente il ghiaccio, secondo le belle esperienze eseguite dall'Hayes?

Basta così mi pare; e basta talmente che più non si capisce nemmeno perchè tanto ghiaccio si sia formato e si mantenga sulle terre e sul mare nelle regioni artiche. Nè si capirebbe certamente, se non si sapesse: 1° che sulle alture, specialmente d'estate, nevica assai più che al livello del mare; 2° che sulle alture stesse non c' è disgelo delle nevi alla superficie, nemmeno d'estate; 3° che nelle regioni polari più elevate non cade acqua, che non sia sotto forma di neve.

16. Passiamo all'opposta calotta, dove dovremmo trovarci invece, come ho già affermato, sotto un cielo umido, nubiloso, nebbioso, e nevoso in eccesso. Sono assai scarse le notizie che ci arrivarono da quei lontani paesi; ma son anche di troppo perchè ci sentiamo adosso l'uggia di una regione che può dirsi l' impero dell'umidità. Dalle regioni artiche è l'impressione del freddo che abbiam riportata; da queste invece l'impressione dell' umido e del bagnato. Questa impressione ce la lasciano già le descrizioni della Patagonia, dove in sette mesi si misurarono fin 15 metri di pioggia, la terra del Fuoco, le Orcadi del sud e la terra di Graham, dove non si parla d'altro che di pioggia e di neve. Più oltre non vi son più peggiorativi che bastino. La nave del Weddell naviga sempre sotto un cielo bujo, tuffata nella nebbia più scura, sotto continui diluvî di neve. Il bastimento è incrostato di ghiaccio, o piuttosto di brina ghiacciata; l'equipaggio è fra-

Digitized by Google

dicio alla disperazione. Le stesse scene invariabilmente sono quelle descritte da Dumont D'Urville e da Ross. Dal mantello di neve e di ghiaccio, che ricopre le antartiche terre da loro scoperte, non traspare una rupe. I confini di quelle terre col mare sono una muraglia di ghiaccio coperta d'altissime nevi. Coperte di nevi sono del pari le montagne di ghiaccio che se ne spiccano, disperdendosi nella vastità del mare.

In fine non c'è più dubbio: la sproporzione tra le due ghiaccie non dipende da altro che della sproporzione enorme delle nevi che cadono annualmente sulle due calotte. La piccolezza della ghiaccia artica risponde alla fenomenale siccità dell' artico clima; mentre l'enorme sviluppo della ghiaccia antartica è l'espressione fedele della fenomenale umidità dall'antartico clima.

17. Quando poi volessimo passar oltre a cercare le ragioni di questa differenza igrometrica ed udometrica tra i due climi, bisognerebbe ingolfarci nella teorica della circolazione atmosferica. Non è però necessario nemmeno di discutere le particolarità di ciascun sistema proposto dai fisici in questi ultimi tempi per intendere, in via di massima, come necessariamente dalle leggi fondamentali della meteorologia devesi dedurre appunto questa conseguenza che l' artico dev' essere un polo eminentemente asciutto, e l' antartico un polo eminentemente irrigato.

Stiamo ai fatti ammessi da tutti, e che hanno servito come punto di partenza a quanti, fin da' tempi abbastanza antichi, hanno parlato delle cause e della distribuzione delle pioggie e delle nevi sulla superficie del globo. Fu dai tempi antichissimi riconosciuto che le pioggie derivano dalla concentrazione dei vapori che salgono nelle più elevate regioni dell'atmosfera, dove si raffreddano e si convertono in acqua. Un altra cosa già nota da secoli è che la conversione dei vapori in acqua, quindi in pioggia ed in neve dei vapori atmosferici, succede principalmente a contatto o in vicinanza dell'atmosfera coi rilievi del globo, ossia delle montagne, specialmente delle più elevate tra esse. In questo, che si può dire primitivo sistema meteorologico, si accordano tutti. In esso i mari figurano come caldaje d' evaporazione; le correnti atmosferiche come distributori dei vapori; le montagne e tutti in genere i rilievi del globo, come condensatori. Le montagne spogliano l' atmosfera dei suoi vapori, sicchè le correnti atmosferiche, una volta che hanno incontrato uno o più di codesti rilievi sul loro cammino, non possono passar oltre che come correnti asciutte. Una serie di rilievi, sui quali sia costretta a passare successivamente una corrente vaporifera, la renderà sempre più povera di vapori, sicchè in ultimo non le resti più nulla da dare. Se al contrario una corrente incontra dei mari nel suo giro, invece di perdere vapori, ne guadagnerà, riuscendo infine capace di irrigare più generosamente quel qualunque rilievo in cui all'ultimo s'imbattesse.

Prendiamo ora di mira quella massa d'aria la quale, riscaldandosi nella zona equatoriale, dove più s' allargano le caldaje vaporifere, ossia i mari, si leva in alto carica di vapori, e si rovescia a nord e a sud, formando un doppio sistema di correnti, che si avviano, per opposta via, verso i due poli. Se l'arrivare ai due poli con minore o maggior quantità di vapori deve dipendere dall'incontrare dei rilievi in numero minore o maggiore, più o meno vasti, più o meno elevati, pensiamo quanto diversa sarà la sorte che attende le correnti atmosferiche, secondo che sono avviate piuttosto verso l'artico che verso l'antartico polo. L'emisfero boreale può benissimo definirsi, relativamente parlando, un emisfero di terre, e l' australe, un emisfero di mari. Come arriverà dunque anzitutto alla sua meta, per quanto carico di vapori, quell' aria che dall'equatore si avanza verso il polo artico, se non può arrivarvi che dopo avere misurati in lungo ed in largo i tre continenti, cedendo a tutte le catene di montagne, a tutti i singoli monti, ai colli, ai piani quanto basta per irrigarli generosamente? Ha irrorato i continenti; ha dato alimento, si può dire, a tutti i fiumi del mondo; ha coperto di neve tutte le creste delle montagne; ha creato tutti i ghiacciai che discendono dalle nevi perpetue: è giusto che arrivi alle estreme regioni polari talmente spoglia di vapore, talmente secca, che è molto se il freddo intensissimo delle stesse regioni può spremerne ancora un po' di succo. E nulla veramente vi sarebbe da spremere, se, come ha veduto così finamente il Maury, la natura non avesse provveduto l'emisfero boreale di caldaje di soccorso, cioè di mediterranei e di laghi, a cui l'aria, arrivando già strema nelle regioni nordiche, potesse attingere quel po' di vapori che basti a non mandare affatto deserte le regioni circumpolari.

Ben altrimenti vanno le cose per l' aria che parte dalla zona equatoriale, avviandosi verso il polo antartico. A partire dall' equatore i

Digitized by Google

continenti si stringono, si affilano, e presto svaniscono in punta. La punta africana oltrepassa di poco il 30° di latitudine sud; l'Australia di poco il 40°, e l'America il 50°, formando la penisola lunga e stretta della Patagonia. I mari si sono andati invece proporzionatamente allargando. Si può dire che, oltre il 30° di latitudine fino alla barriera di ghiaccio circumpolare, è un solo mare quello che ricopre l'emisfero australe. Quali e quanti rilievi ha dunque incontrati per via, dopo la sua partenza dall'equatore, l'aria incamminata verso l'Antartico polo? Sia pur stata quanto si vuole, e quanto si sa che lo è di fatto, prodiga di vapori a quelle poche terre australi, in cui s'è imbattuta per via: arriverà pur sempre madida, gonfia, straccarica di vapori a quel continente antartico che tutto solo, esercitando il potere che gli dànno le fredde ed elevate sue cime, farà bottino di tutti quei vapori a proprio vantaggio. Qual meraviglia se quel continente sarà tutto un nevajo, anzi tutto un ghiacciajo, capace di partorire a mille e milioni quelle montagne di ghiaccio, di cui ricopre tanta plaga di mare che lo ricinge. La sproporzione tra le due ghiacce è dunque una conseguenza delle leggi fondamentali della meteorologia, in corrispondenza coll'attuale distribuzione delle terre e dei mari sulla superficie del globo.

Digitized by Google

CAPITOLO IV.

ACQUE CONTINENTALI (1).

Sorgenti - Fiumi - Laghi - Stagni - Paludi.

« E troviamo la terra rigata de' rii, e dei fiumi d'acqua; e troviamo correre l'acqua entro per lo corpo della terra; e troviamla andare sopra la faccia della terra; e troviamla salire a sommo de' monti, e vediamola scendere; e di quest'acqua vedemo fare rii, e dei rii fare fiumi; e i fiumi entrare l'uno nell'altro, e correre e rigare la terra, ed entrare nel mare; e l'acqua de' rii e dei fiumi troviamo dolce, e l'acqua del mare troviamo salsa, e potemo dire, secondo una via, che i fiumi escano dal mare e tornano nel mare ».

RISTORO D'AREZZO, *Compos. del Mondo*, Milano, Daelli, 1864, pag. 145.

« Credunt enim vulgares et physicorum argomentorum ignari, quod aqua ascendat ad cacumina montium, et etiam ad locum fontium in forma aquæ; sed istud est valde puerile, nam aquæ generantur ibi (ut per Phylosophum patet in *Metheoris* suis) ascendente materia in forma vaporis ».

ALIGHIERI, *De aqua et terra*, Firenze, Barbera, 1873, pag. 449.

L'incessante e potentissimo lavorìo, pel quale ogni giorno si sollevano dall'oceano enormi quantità di vapore, che l'atmosfera trasporta a condensarsi qua e là sul globo, nè tutte ridona al mare per via diretta, — e la tendenza dell'acqua allo stato liquido di scorrere nelle regioni più depresse della superficie terrestre, — sono i due fattori principali, che determinano sulle cosiddette parti asciutte del globo la formazione di un complesso e maraviglioso sistema idrografico.

Se anche non ci è permesso di considerare le acque continentali come le esclusive plasmatrici delle forme del suolo, dobbiamo per lo meno ritenerne notevolissima l'azione e certamente riconoscere ch'esse disegnano mirabilmente alcune delle linee rivelatrici della morfologia terrestre. Le linee di vetta, i rilievi, le cime, per quanto sovente modellate dall'acqua, la lasciano scorrere sopra i fianchi inclinati, non trattenendola se non pel tempo relativamente breve della precipitazione atmo-

(1) RICCIOLI, *Geogr. et hydr. reform.*, opera ed ediz. cit., pag. 234; — VALLISNIERI, *Sopra l'origine delle fontane*, Venezia, 1726; — GUGLIELMINI DOMENICO, *Della natura de' fiumi, trattato fisico matematico, con le annotaz. di* EUST. MANFREDI, Milano, Soc. dei classici italiani, 1852; — TURAZZA DOMENICO, *Trattato d'idrometria o di idraulica pratica*, 2.ª ediz., Padova, Sacchetto, 1867; 3.ª 1880; — LOMBARDINI ELIA, *Studi idrologici e storici sopra il grande estuario adriatico, i fiumi che vi confluiscono*, ecc. in *Memorie dell' Istituto Lombardo*, Milano, 1869; — idem, *Sulle condizioni idrauliche della pianura subapennina fra l'Enza e il Panaro, sul grande estuario adriatico*, ecc. in *Boll. della Soc. geogr. ital.*, Fasc. 3.°, 1869, pag. 187 e seg.; — idem, *Saggio sull'idrologia del Nilo e dell'Africa centrale*, ibid., Fasc. 2.°, 1869, pag. 346; — HUMPHREY, *Report upon the Physics and the Hydraulics of Mississipi River*, ecc., vedi *Relaz.* del prof. A. MESSEDAGLIA in *Giornale dell'ing. archit.*, 1863; — KANT, *Geogr. fis.* cit., vol. IV, pag. 352 e seg., V. pag. 2 e seg.; — HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. I, pag. 201 e 391; — RÉCLUS, *La Terre*, 1.ª ediz., 1868, pag. 306 e seg.; 3.ª e liz. 1883, pag. 301 e seg.; — GUTHE-WAGNER, op. cit., vol. I, pag. 86; — KLÖDEN, *Handbuch der Erdk.*, vol. I, pag. 482; — idem, *Verzeichniss von Flüssen mit Angabe der Grösse des Stromgebietes, der Länge, des Gefälles und der Schiffbarkeit*, in *Geogr. Jahrb. v.* BEHM, I. *Jahrg.*, 1866, pag. 290-300; — idem, *Verzeichniss von Landseen, mit Angabe ihrer Höhenlage. Ausdehnung und Tiefe*, ibidem, pag. 281-289; — PESCHEL, *Physische Erdkunde*, II vol., pag. 286-454; — MARSH, *L'uomo e la natura*, Firenze, Barbera, 1870, pag. 373; — HUGUES, *Geografia fisica*, pag. 53; — STOPPANI, *Corso di geologia*, vol. I, pag. 119 e seg.; pag. 257 e seg.; — GEIKIE, *Geology* cit., pag. 344 e seg., pag. 400; — DESBOROUGH-COOLEY, *Physical Geography*, pag. 244-262; — HANN, HOCHST, *und* POCK., *Allg. Erdk.* cit., pag. 307, e seg.; — LAPPARENT, *Geologie*, pag. 175 e seg.; — SYDOW, *Grundriss der allg. Geogr.*, pag. 103; — SONKLAR, *Allgem. Orographie*, pag. 113 e seg., 144 e seg.; — KALTBRUNNER, *Manuel du voyageur*. pag, 270 e seg., 418 e seg.; — UZIELLI, in ISSEL, *Istruz. ai viagg.*, pag. 198 e seg.; — ZÖPPRITZ, *Der gegenwärtige Standpunkt der Geophysik* in *Geogr. Jahrh.*, Jahrg. 1880, 8.° pag. 66; — SÖPPRITZ, idem, *Die Fortschritte der Geoph.*, SÖPPRITZ, ibidem, 1882 9.° pag. 35.

Digitized by Google

sferica; ma altrettanto non può dirsi delle linee di sella e di valle, sui cui fondi l'acqua, ritardata da mille attriti, s'indugia notevolmente e si mantiene molto tempo dopo precipitata dall'aria, segnando col proprio corso le negative delle salienze orografiche.

Questo almeno avviene sulla maggior parte del globo, e cioè dappertutto, tranne nelle due calotte sferiche polari o nelle regioni assai elevate, dove la precipitazione aerea avviene in forma solida, e dove, quindi, l'azione dell'acqua riesce ancor più complessa e diversa. Ma di ciò già si discorse.

Mille e ottocento anni addietro, Seneca, e, prima di lui, Teofrasto, aveano pensato a un ricambio di umori fra l'oceano e i continenti non molto diverso da quello che si manifesta nella circolazione del sangue nel corpo dell'uomo (1); onde infiltrate le acque sotto l'oceano e purgate della loro amarezza, tornavano (secondo i loro concetti) di nuovo alla luce diurna, sgorgando in forma di fonti. E Brunetto Latini (2) e il Boccaccio (3) e Ristoro d'Arezzo (4), tredici secoli dopo, accolsero tale concetto e si sforzarono di svilupparlo alla meglio, sia ricorrendo alla supposizione che il mare sovrasti alla terra, per cui « se la mers est plus haute, donc n'est il nie merveille des fontaines qui sordent sor les hautismes montagnes, car il est propre nature des aigues que eles montent tant comme eles avalent » (5) sia a « speciali agenti » (6), fra i quali potrebbe essere benissimo la « virtù del sole » che li trae « in viscera terrae » donde possano, dal freddo di questa « dulcoratas, effluere ».

Però la seconda delle epigrafi messe in testa al presente capitolo, appalesa come già a quell'epoca il concetto della circolazione atmosferica delle acque oceaniche fosse entrata nelle menti dei pensatori, che facevano così rivivere un'idea già espressa ancora dall'antico filosofo di Stagira (7).

Certamente maravigliosa doveva apparire ai primi osservatori la quantità delle fonti che sgorgano dal suolo, il loro contegno talvolta bizzarro, le spesse intermittenze all'apparenza indipendenti dalle vicissitudini aeree, la perennità di molte fra esse, tale da vincere le più ostinate siccità, la postura qualche volta inesplicabile colla semplice derivazione da depositi di acque, di nevi o di ghiacci. Però dottissimi uomini, quali per esempio il Cartesio e il Guglielmini (1), ancora due secoli fa dubitavano che la sola acqua piovana non bastasse ad alimentare l'immenso numero delle fonti, senza un efficace concorso dell'acqua marina per infiltrazione sotterranea, e ci volle tutto l'ingegno del Vallisnieri per mettere in essere la teoria oggi prevalente, della provenienza unicamente atmosferica di tutte le acque fluenti.

Dell'acqua che precipita dal cielo, parte ritorna nell'atmosfera più o meno immediatamente per via di evaporazione, parte si trattiene sulle parti superficiali in forma di neve o di ghiaccio, parte scende lungo i declivi, raccogliendosi nelle regioni più depresse del suolo, parte finalmente penetra e scompare nei meati terrestri. È a quest'ultima che si deve attribuire l'origine delle fonti.

Per *fonte* o *sorgente* (2) o *sorgiva* o *risultiva* s'intende qualsiasi polla o zampillo naturale d'acqua. Però il nome di *sorgente*, ovvero quello di *scaturigine* assume talvolta un significato più ampio, e ciò avviene allorchè si adopera per designare l'origine di un fiume di qualche importanza. Allora può corrispondere a un palude, a un lago, a un assieme di polle e di zampilli, a un'accolta di ruscelli, a un ghiacciaio, a una caverna e simili.

La porosità delle stesse roccie più compatte, e sopra tutto quei maggiori interstizi, che stanno fra roccia e roccia, fra strato e strato, permettono che si formi una idrografia sotterranea, con molta opportunità quanto alla forma, rassomigliata al sistema dei vasi sanguigni nel corpo umano (3) (Fig. 245). Il nome

(1) Seneca, *Natur. Quaest.*, Lib. III, 15.
(2) *Li Tresors*, ed. cit. pag. 115.
(3) Hortis, *Accenni alle scienze naturali nelle opere di Giov. Boccacci e più particol. nel libro « De montibus, silvis »* ecc. Trieste. Lloyd austr., 1877, pag. 57.
(4) *Comp. del mondo*, Milano, Daelli, 1864, pag. 145.
(5) *Li Tresors*, ivi.
(6) « Quibus agentibus mediis », Boccaccio, ivi.
(7) È curioso che nel nostro stesso secolo si potesse ripetere quanto segue: « Le mouvement général des eaux dans le monde ne s'expliquera jamais d'une manière satisfaisante (supposé qu'il s'explique), qu'à la manière de Sénèque, c'est-à-dire, par des méthodes totalement étrangères à nos expériences matérielles et aux lois de la mécanique ». De Maistre *Les soirées de Saint Petersbourg* X.e *Soirée*, Lion, 1836, pag. 217.

(1) Op. cit., vol. I, pag. 75.
(2) Latino *fons*; greco *pigi*; francese *source*, *font*, *fontaine*; tedesco *quelle* (se artificiale *brunne*); boemo *pramen*: danese *brond*, *kilde*; svedese *brunn*, *källa*; ingl. *well*, *spring*; spagnuolo *fuente*, *surtidor*; portoghese *fonte*; croato *vir*, *vrielo*, *izvor*; polacco *zzodlo*; sloveno *vir*, *studenec*; rumeno *izvoru*; bulgaro *cladenetz*; russo *kolodes*: ungherese *forras*; arabo *ain*, *bir*; berbero *bir*; turco *cuju*; lappone *galddo*; indostano *ciesme*, *sota*; persiano *ŝaa*: malese *mâta-âjer*; cinese *ciuen*, *yen*, ecc.
(3) Varie recenti teorie, che si allontanano da quella generalmente accettata sull'origine delle fonti si trovano

Digitized by Google

di *vena*, che si attribuisce ai fili d'acqua così infiltrati nel sottosuolo, rappresenta con perfetta verità quanto avviene in quel mondo sotterraneo, a cominciare dalle capillari e arrivando alle maggiori e talvolta notevolissime correnti, a cui la fusione di quei primi dà vita.

Fin dove possa penetrare così l'acqua del soprassuolo, è impossibile dirlo; la profondità d'infiltrazione varia colla quantità del-

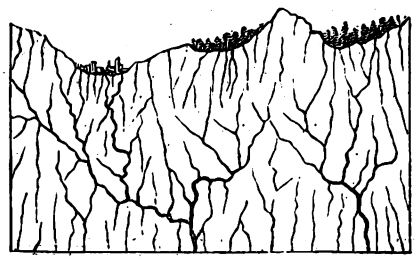


Fig. 245. — Infiltrazioni e vene acquee attraverso le rocce.

l'acqua che casca sulla superficie e colla natura delle roccie che deve attraversare. In un terreno permeabile essa generalmente segue l'orografia superficiale, salvo una minore rigidezza delle linee, delle piegature, dei salti.

Il caso più consueto od ovvio in cui ha luogo la formazione di una sorgente è quello di un terreno permeabile (humus, sabbia,

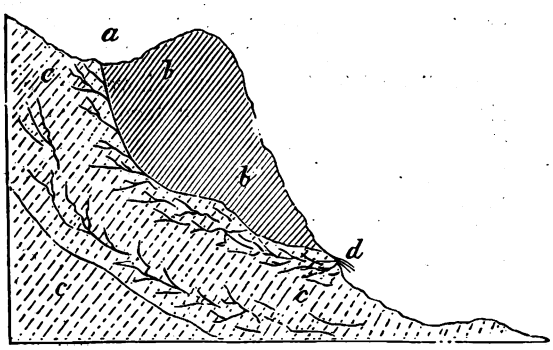


Fig. 246. — Modo di formazione di alcune fonti.

ghiaia, calcare poroso e cavernoso), sovrapposto ad un terreno impermeabile (roccia compatta, marna, argilla), od anche interposto fra due terreni impermeabili, ma però in tal caso collocato in modo di far capo ad un bacino superiore di ricevimento. L'acqua penetrando attraverso i pori, raggiunge lo strato impermeabile inferiore, sul quale scorre come sul letto di un fiume, seguendone e talvolta a lungo, le sinuosità e gli accidenti, e da ultimo, laddove lo strato impermeabile affiora, se n'esce di consueto a polla tranquilla, ma talora, e ciò nel caso della trascorrenza fra i due strati non permeabili, anche a zampillo più o meno violento. Non raro è ancora il caso (Fig. 246) di una roccia (*c*), che, per singolare distribuzione dei suoi strati, sia sottoposta all'azione meccanica e chimica delle acque e diventi permeabile, porosa, anzi talvolta addirittura cavernosa, nella sua parte superiore, cioè fino a quella data altezza, nella quale le acque filtrate, poniamo, da un bacino superiore *a*, possano trovare uno sfogo esteriore. È il caso di moltissime e copiose fonti provenienti da roccia permeabile, che non poggia per nulla sopra un terreno impermeabile, anzi prosegue addirittura per centinaia di metri sotto il livello (*d*) dove le sorgenti si manifestano ovvero ancora che è sottoposta a uno strato impermeabile (*b*), il quale rivestendo i pendii, impedisce alle sorgenti di sgorgare a maggiori altezze (1).

Senza voler seguire le complicate accidentalità della strada o delle strade tenute dalle acque nel loro cammino invisibile e diversissime da caso a caso; accenneremo a due tipi notevolmente differenti di circolazione sotterranea, che a breve distanza hanno luogo nella parte orientale della regione veneta e che troverebbero analoghi e frequenti riscontri altrove.

Questa regione presenta una lunga serie di risultive disposte in una curva concentrica al litorale adriatico, discosta da questo venti o trenta chilometri ed elevata una trentina di metri sul mare (2). Da queste risultive numerosissime, proviene una serie di fiumi serpeggianti (Livenza, Noncello, Stella, Zelline, Timavo) a carattere litorale, generalmente forniti di acqua fresca, limpida, copiosa tanto che, appena sorti, son atti alla navigazione. Superiormente alla zona delle sorgive, meno che alle due estremità orientale ed occidentale, si stende una regione asciutta costituita in generale da un'alluvione ghiaiosa, talvolta di sfacelo morenico e sempre permeabile, distribuita in *talus* o *ventagli* fortemente inclinati sulla destra del Tagliamento, più dolcemente sulla riva sinistra. A metà di questa zona

sommariamente a pag. 218 della *Physische Erdkunde* del KLEIN, Stuttgart, Spemann, senza data.

(2) Vedi in proposito le acute osservazioni di T. TARAMELLI, nell'op. *Le acque del Brembo* ecc. Bergamo, Gaffuri e Gatti, 1883, pag. 37 e seg.

(1) TARAMELLI T., *Dei terreni morenici ed alluvionali del Friuli*, in *Annali del R. Istituto tecnico di Udine*, Anno VIII, 1874, pag. 1 e seg., Udine, Seitz, 1875.

Digitized by Google

asciutta, che corrisponde alla media pianura friulana, per ottenere dei pozzi capaci di dar acqua perenne è necessario scavarli a profondità maggiori di 50 o 60^{m} e talvolta anzi di 100 e persino di 125^{m} dalla superficie, mentre la dànno a poca distanza dal soprassuolo qualora ci avviciniamo ai colli o scendiamo nella parte inferiore del paese. Ciò indica la esistenza di uno strato meno permeabile inclinato dal monte al mare, sopraccaricato di un ammasso di alluvioni aventi la stessa inclinazione, ma la cui sezione avrebbe figura di una lente sottile alle due estremità, grossa nel mezzo. Difatto tali alluvioni o una formazione pure com'esse permeabile, cioè le colline moreniche dell'antico ghiacciaio del Tagliamento, realmente hanno principio a circa 200 o 250^{m} sul mare e posano sopra un conglomerato terziario poco permeabile alle acque. Laddove le maggiori alluvioni cessano, il pendio del piano inferiore diminuisce e si presentano le alluvioni più sottili, ivi i rii sotterranei, non richiamati al basso da una forte inclinazione, sgorgano, i torrenti, che coi loro candidi letti ghiaiosi interrompono e solcano, ma non irrigano la sovrastante pianura, si riforniscono di acque limpide e perenni, e si forma una delle zone più acquitrinose che si conoscano in Italia.

Questo procedimento può servire di spiegazione al formarsi della maggior parte delle sorgive ora accennate; ma non già della prima e dell'ultima fra esse: il Livenza e il Timavo, che sgorgano non al piede di un talus ghiaioso, ma sì entrambi alla base di un elevato altipiano di roccie calcaree. Del Timavo tanto è celebre la fama da quando Virgilio ricordava come

.. per ora novem vasto cum murmure montis
It mare praeruptum et pelago premit arva sonanti (1)

e lo cantavano Claudiano e Marziale e lo rammentavano Livio, Strabone, Plinio, ai giorni nostri, che esso solo potrebbe formar soggetto di una intera e ricca bibliografia (2). Questo ci basti dire che adesso chi scorra la marina fra Grado e Trieste, lungo la sacca di Panzano, a poca distanza a maestro di Duino, s'imbatte in un breve corso d'acqua che scaturisce improvvisamente a S. Giovanni, e dopo un chilometro, già sfocia nel mare. La vivace descrizione di Virgilio e degli altri poeti e il numero di 9 o di 7 bocche che gli attribuivano gli antichi adesso più non convengono al classico fiume; ma tuttavia le tre bocche attuali dànno tanto tributo d'acqua (1), che, fin dalla scaturigine, basta a dar vita a un molino e, poco appresso, a creare un vero fiume navigabile. Ora, tutto inclina a far credere che in quel fiume riapparisca il Reca, un torrente del Carso istriano, che, dopo forse 40 chilom. di corso, s'inabissa a un tratto nella voragine di S. Canziano, aperta a circa 14 chilom. da Trieste, e profonda forse 100^{m}, e rugge probabilmente, non visto, nelle oscurità della grotta di Trebič. Nè tale fenomeno è isolato. Il Carso presenta numerosi esempi di fiumi, che ad un tratto scompaiono, inabissandosi nelle caverne imbutiformi, colà comunissime, e che vi prendono il nome, forse latino di *foibe* (*fovea*, fossa), ovvero quello slavo di *doline* (valli, bassure). Anche ammettendo che tutto intero il Reca ricomparisse a S. Giovanni, non basterebbe a spiegare la massa d'acqua del Timavo, molto maggiore di quella che s'adima a S. Canziano (2), senza pensare che vi concorra a renderla tale il tributo di altre foibe, di altri torrenti locali. Certo è che quella regione, è ormai classica per la sua idrografia sotterranea, sia che la formazione delle cavità imbutiformi si debbano attribuire a semplici scoscendimenti meccanici, sia, ed è più probabile, che vi abbia avuto parte un'azione dissolvente chimica delle acque sulle roccie così trapanate.

Meno celebri, ma non meno curiosi sono i

(1) *Eneide*, c. I., v 249-250, e secondo la traduzione del Caro.

« Antenore . . . . . .
. . . . . andò fin sopra
Al fonte di Timavo; e là 've il fiume
Fremendo il monte intuona, e là 've aprendo
Fa nove bocche in mare, e, mar già fatto,
Inonda i campi e rumoreggia e frange ».

V. anche *Bucol.*, *Egl. VIII*, verso 6; e Georg., libro III, verso 175.

(2) Cnfr. specialmente: Berini Gius., *Indagini sullo stato del Timavo*, ecc., Udine, Mattiuzzi, 1826; — Schmidt A., *Ueber der unterirdischen Lauf der Recca*, in *Sitzungsber. der math. naturwiss. Cl. der K. K. Akad. der Wiss.* maggio 1851, Wien, Gerold's Sohn; — Taramelli T., *Escurs. geol. fatte nell'anno* 1871, in *Ann. dell'Ist. tecn di Udine*, Anno V, 1871, Udine, Seitz, 1871; — Id., *Alcune osservaz. geol. sul Carso di Trieste e sulla valle del fiume Recca* ecc., in *Rendic. del R. Istit. Lomb.*, 1878, fasc. VI; — Réclus. *Géogr. Nouv.*, Vol. III; — Czörnig C., *von Der Isonzo*, in *Mitth. der Geogr. Gesellsch.* Wien, 1876, pag. 49-54; — id., *Land Görz und Gradisca*, Wien, 1873; — Mojsisovics, *Die Karst-Erscheinungen*, in *Zeitschrift des d. al u. oest. Alpenvereins*, 1880; — Pignoli, *Karstwanderungen, ober und unter der Erde* in *Zeitschr. des d. u. oest. Alpenvereins*, 1881, pag. 377.

(1) Cioè non inferiore a 30 metri cubi al secondo nella massima, a 9.3 mc. nella media e a 0.4mc. nella minima

(2) La portata del Reca a S. Canziano sarebbe,

	secondo il Réclus	il Taramelli
massima	4mc.	7.3mc.
minima	0.15	0.29

sempre al minuto secondo.

Digitized by Google

fenomeni idrografici che succedono sulla sommità e ai piedi di quei due altopiani del Veneto, che son noti coi nomi di Cansiglio e di Sette Comuni. Entrambi costituiti in gran parte da calcari cretacei e giurassici ed elevati intorno ai 1000 o ai 1200^{m} sul mare, entrambi si oppongono alle umide correnti siroccali e di levante che risalgono o traversano l'Adriatico, insaccandosi nella barriera alpina e quindi, come vedremo a suo tempo, appartengono ad una zona di fortissima precipitazione acquea. Però ad onta delle lunghe e dirotte pioggie, vi scarseggiano le fonti e invano il passeggiero e il poeta vi cercano il mormorio dei ruscelli e delle cascate, e del torrente alpino

l'urlo solingo e fier.

I più violenti acquazzoni talvolta ne allagano le conche elevate, le *piaje* e le *lame*; ma per brev'ora, chè bentosto ogni segno d'acqua scompare, e solo la maggiore nerezza del terriccio organico tradisce la precipitazione avvenuta. La quale trova sfogo sì per mille invisibili meati, come per maggiori cavità, al Cansiglio chiamate *buse*, *ingiotidori* (inghiottitori), *sperlonghe*, ai Sette Comuni *slünte*, *pirioni* (imbuti), *lore*, in tutto somiglianti alle *foibe* del Carso, e quando dolci (*lame*, *piaie*), quando aventi l'aspetto di vere voragini, talvolta ampie e assai profonde (1). Ma alla base degli altopiani quelle acque, così filtrate, rivedono la luce, limpide e fresche nelle ricche sorgenti d'Oliero (2) in val di Brenta (142^{m}), in quella del Meschio (189^{m}) a Savassa presso Vittorio e in quelle del Livenza (29^{m}) e del Gorgazzo (49^{m}) presso Polcenigo. Anzi la copia e la costanza delle acque così sgorganti, le quali, appena sorte, dovunque alimentano notevoli opifici, cartiere o mulini, ci sarebbero argomento a credere all'esistenza di un regolatore, una specie di lago sotterraneo, come la costanza della loro bassa temperatura che oscilla dovunque fra gli 8° e i 12° del termometro centigrado ce lo farebbero supporre posto a una certa altitudine, cioè a non molta distanza dalla superficie degli altipiani che costituiscono gli accennati bacini di ricevimento della precipitazione atmosferica.

Gli stessi, od analoghi fenomeni, si notano ancora in Italia e fuori, e alle nostre *foibe*, ai nostri *ingiotidori* (1), alle nostre *buse*, fanno riscontro i *puli* e i *gorghi* delle provincie meridionali, le *gorgie* del Piemonte, i *sinks* o *swallowholes* degli Stati Uniti, i *ponor* della Bosnia, i *catabotra* della Grecia, i *pots*, i *creux* e gli *emposieux* dello Jura, i *soucis* della Saintonge e della Normandia, gli *embues*, *embucs*, *boit-tout anselmoirs*, *goules*, *gouilles*, *gourgs*, *bétoirs*, *avens*, *sciales*, *ragagès*, *garagaï*, della Francia meridionale, i *gouffres* e gli *entonnoirs* della lingua letteraria, e che si mostrano particolarmente comuni nelle regioni calcaree.

Tornando alle fonti, esse si trovano distribuite dovunque, salvo sulle massime altitudini delle montagne, a meno che a queste non esista più o meno prossima un'altra montagna (2). E la ragione ne è evidente. Avendo escluso che l'acqua possa risalire sui monti, essa non può se non provenire da depositi posti nei luoghi più elevati. Se ne trovano tuttavia a 4 e 5000 e più metri, specialmente in vicinanza dei ghiacciai. Così nel Tibet se ne segnalarono a 5380, nell'Imàlaia a 4850, nelle Ande a 4730, finalmente nelle Alpi a 3182^{m} sul mare.

La esistenza di sorgenti in alcuni monti vulcanici isolati, come quella della *Schicciole* nell'isola di Stromboli, di altre consimili, che si trovano sul Picco di Teida a Tenerife, a Pantelleria ed altrove, non si possono spiegare diversamente che col sollevarsi del vapor acqueo lungo i condotti interni del monte, secondo un processo analogo alla distillazione dell'acqua che si pratica nei nostri laboratorî.

Numerose poi sono le sorgenti che sgorgano al livello o addirittura dal fondo stesso del mare. Celebratissima fra le prime è quella fontana d'Aretusa, di cui tanto favoleggiarono i poeti, e che poeti e geografi designavano e forse tuttora il volgo giudica come una cosa sola colla greca fonte dell'Alfeo. Sulla spiaggia dell'isoletta, dove ora sorge Siracusa, separata

(1) Una delle più note, il cosiddetto *Bus de la Lum* posto presso il regio Palazzo forestale del Cansiglio, misura circa 200^{m}. di circonferenza, e si sprofonda in forma cilindrica per circa 70^{m}., dopodichè obliquamente prosegue per un abisso inesplorato. Il rumore dei sassi gettativi cessa solo 17 secondi dopo lanciati.

Soravia. *Il Cansiglio*, Firenze, Arte della Stampa, 1880, pag. 53; Marinelli, *Al Cansiglio*, in *Cronaca della Società Alp. friul. Anno II*, con abbondante bibliografia.

(2) Il tributo dell'Oliero non si calcola inferiore a 6 o 7mc. al secondo. Cipolletti Ces., *Studi eseguiti onde provvedere di acque potabili le città di Vicenza e di Padova*, Milano, Brambilla, 1881, pag. 29.

(1) Si dicono *inghiottitori* anche nei monti Sibillini.

(2) La « sorgente delle Streghe » (Hexenbrunnen) nasce sul Brocken, appena pochi metri sotto la cima. Sul monte Baldo, una fontana in Val Grande si trova a 2000^{m}, cioè a forse 150^{m} dalla cima.

Digitized by Google

dal mare soltanto per un viale costeggiato da due filari di oleandri arborei, azzurreggia fra i calami dei papiri l' antica sorgente, le cui acque provengono, in ogni caso, da lontano e passano senza dubbio sotto le paludi e gli stagni, che separano gli odierni resti di Siracusa dalla Sicilia.

Il Mediterraneo è ricco poi di sorgenti che sgorgano in pieno mare. Assai importante fra altre è quella di Anavolo, nel golfo d' Argo, fra Chiveri ed Astro. A circa 2 chilometri dalla costa, irrompe dal fondo marino una polla d'acqua dolce del diametro di forse 15 o 20^m e di tale potenza che la superficie del mare vi si presenta convessa e le onde vi appariscono agitate forse un centinaio di metri all' ingiro. E a noi italiani è particolarmente nota la cosiddetta *Polla di Cadimare*, che sorge nel golfo della Spezia a 50^m dalla spiaggia e che produce essa pure un rigonfiamento del diametro di 25^m ed alto al maximum un mezzo metro. Essa ha origine in parecchi getti che zampillano da una profondità di 14 o 15^m.

Altre sorgenti consimili sono ricordate nel golfo di Taranto (i *citri*) e lungo tutta quella costiera che va dalla Spezia a Marsiglia, a S. Remo, a Saint-Nazaire, presso a Mentone, a Cannes, alla Ciotat, ed altrove, anzi si tentò di calcolare la portata di tutte quelle interposte fra Nizza e Genova, portata che non si stima a meno di 19^{mc} d'acqua al secondo. Analoghi fenomeni si notano presso Fiume in fondo

« . . . . . del Quarnero
Che Italia chiude e i suoi termini bagna »
(ALIGHIERI, *Inf.*, IX, 114).

presso Moschienizze, nel Canale della Faresina presso Ragusa ed altrove. Fuori d'Europa, è noto come il mar Rosso, che non riceve apparentemente fiumi di sorta, abbia non trascurabile tributo di fonti sotto marine; e del pari, dopo Humboldt, son note le sorgenti dolci di Batabano nel golfo di Xagua sulle coste meridionali dell' isola di Cuba ed altre moltissime, che si mostrano lungo le spiaggie della Florida e dello Yucatan. Così nel gennaio del 1857, presso la punta meridionale della Florida, il mare ad un tratto da salato divenne salmastro, in seguito ad un vero e copioso getto di acque dolci e fangose, che produssero una enorme moria di pesce e che, a detta degli osservatori più diligenti, nel corso di più che un mese rappresentavano un tributo maggiore di quello stesso che arreca il Mississipi, anzi tale che la sua influenza si stendeva su tutto il vasto canale largo 50 chilometri, che separa Key-West dalla Florida (1).

Tacendo di altre sorgenti sottomarine, come quelle delle Sandwich, o del mar Indiano, a 250 chil. forse dalla foce del Bramaputra, va notato come alcune fra le sorgenti sottomarine zampillino da notevolissime profondità. Così quella di Cannes sorge a 162^m; quella presso S. Remo a 291^m, finalmente quella presso il capo San Martino fra Monaco e Mentone, a non meno di 700^m sotto il pelo marino.

La esistenza di sorgenti in luoghi elevati, nelle isole e nel fondo del mare portano la necessità che l'acqua vi arrivi percorrendo sovente una strada sotterranea ad U o a sifone: concetto che vien confermato dallo zampillo, che talvolta s' inalza con una certa violenza, e, in qualche caso, dalla *intermittenza* e *della temperatura* di molte fra le fonti medesime (Fig. 247)

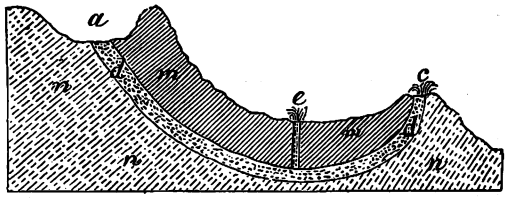


Fig. 247. — Spiegazione delle fonti a zampillo e dei pozzi modenesi o artesiani.

È in ciò la semplice applicazione di un notissimo principio d'idrostatica, pel quale i liquidi in tubi comunicanti tendono a porsi allo stesso livello. Per cui, se noi imaginiamo che nel punto *a* esista un bacino di raccoglimento d'acque, che *m* ed *n* sieno due strati impermeabili e *d* invece uno strato permeabile, ne avverrà che l'acqua scorrerà da *a* verso il basso e, se quivi non trova sfogo, risalirà verso *c*, cioè verso il braccio minore del sifone e ne uscirà zampillando, cioè tentando di raggiungere un'altitudine eguale a quella di *a*, estremità del braccio maggiore del sifone (1). Questo procedimento è del tutto analogo a quello col quale si ottengono artificialmente delle fontane zampillanti nelle nostre piazze e nei nostri giardini. Del pari è su questo procedimento che si basa la costruzione dei pozzi a trivella o *modenesi* od *artesiani* (*bohrbrunnen* dei

(1) RÉCLUS, *La Terre*, I, pag. 346.
(2) Citiamo fra queste fonti zampillanti quella per es. di Male-mort presso Saint-Étienne nel Delfinato, che projetta la sua massa d'acqua a non meno di 7 od 8^m d'altezza.

Digitized by Google

tedeschi), così chiamati perchè noti primieramente nelle provincie modenesi in Italia e nell'Artois in Francia. Ciò quanto all'Europa; poichè nella Cina, nell'Egitto, nella Siria ed altrove ne erano conosciuti la costruzione e l'uso fino dalla più remota antichità (1).

Col tubo del pozzo artesiano si viene a creare un condotto artificiale (*e*) che costituisce il braccio minore del sifone di cui facemmo cenno, onde, raggiunto lo strato permeabile, l'acqua sale lungo il pozzo e qualche volta irrompe con violenza dall'orifizio superiore. Uno fra i più celebri pozzi artesiani del mondo è quello di Grenelles a Parigi, la cui profondità non è inferiore a 548^{m}. Scavato nel 1842, allora il suo tributo era di 3200^{mc} ogni 24 ore a livello del suolo, cioè a circa 37^{m} sul mare. Forzando l'acqua ad alzarsi a 73^{m}, il tributo si riduceva a 1100^{mc}. Nel 1852, in conseguenza di ingombri formatisi lungo il condotto, la portata del pozzo si ridusse a 720^{mc}; poi nel 1856 raggiunse ancora i 900^{mc}; adesso in seguito all'apertura del pozzo di Passy è ridotta a 345^{mc} all'altitudine di 73^{m}. Analoghe diminuzioni si notarono in molti fra i pozzi artesiani, come in parecchi fra essi si segnalò la partecipazione ai fenomeni delle maree, dei terremoti e consimili. Fra i pozzi artesiani più profondi si menzionano quello di Louisville nel Kentucky, profondo 636^{m} e che lancia una colonna d'acqua elevata 52^{m} sopra l'orifizio, quello di acqua salata di Neusalzwerk presso Minden nella Silesia, profondo 730^{m}, alcuni pozzi cinesi che si vogliono profondi oltre a 1000^{m}, e più che tutti, quello di Saint Louis nel Missuri, dapprima spinto a circa 700^{m}; ma che, a detta del Marsh (2) oggidì non si sprofonda meno di 3843 p. ingl., pari a 1171^{m}.

In alcuni paesi, come nel Sahara, la costruzione dei pozzi artesiani è diventata una vera industria rigeneratrice, ond'è che di presente essi si scavano numerosissimi e secondo un ordine sistematico. In vent'anni, dal 1856 al 1876, i Francesi nel bacino chiuso di Hodna e nel Sahara di Costantina hanno aperto 156 fontane che dànno un complesso di oltre 123560 litri d'acqua al minuto e che alimentano oltre 200,000 palme (1) con inestimabile vantaggio della regione.

Tanto fra le sorgenti naturali quanto fra i pozzi artesiani è molto comune il fatto delle *variazioni* nella quantità d'acqua tributata, sovente periodiche e tali qualche volta da dar origine a vere sospensioni od *intermittenze*.

Già i due Plinî rammentavano la famosa sorgente *Pliniana*, posta sul lago di Como, la quale s'inalza e si abbassa tre volte ogni giorno; le acque minerali di Pfäffers in Isvizzera fanno la loro comparsa in maggio e scompaiono alla metà del settembre; la fontana di Valchiusa (Vaucluse), cantata dal Petrarca, all'origine della Sorgue, varia nel suo tributo da 7.4 a 22.2 mc. d'acqua al secondo, dandone in media da 14 a 15; in quella di Menaresta, prima sorgente del Lambro in Valassina la variazione succede ogni 8 minuti; del Timavo accennammo le variazioni. Altre presentano bizzarrie curiose. Così il Kant (2) ci parla del Bullerborn fontana posta ad Altenbekum presso Paderborn nella Westfalia, come quella che nell'estate o non compariva affatto o solo per breve tempo e ogni 6 ore, mentre nella primavera, nell'autunno e nell'inverno scorreva ogni 4 ore per una durata di 15 minuti e con tanta forza da poter metter in moto parecchi molini. Oggi essa sgorga costante, ma ridotta a proporzioni molto più modeste che non un secolo fa. La sorgente di Fontestorbe, a Mirepoix, in Linguadoca, nei tre mesi della state corre alternativamente 36 minuti e $^{1}/_{2}$ e s'interrompe per 32 minuti e $^{1}/_{2}$. Talvolta lo stesso fenomeno si ripete in novembre, dicembre e gennaio, modificandosi le durate delle soste e delle riprese coll'abbondanza o colla scarsezza delle pioggie.

Del resto questa è la causa più comune delle variazioni nel tributo delle fonti, non dimenticando l'azione che anche i cambiamenti di temperatura esercitano specialmente sulle sorgenti alimentate dai ghiacciai e dai campi di neve, e che appunto crescono, calano, cessano, ricompaiono coll'andamento della liquefazione. Il legame che le sorgenti presentano colla piovosità della stagione è reso evidente da quelle sorgenti accidentali o che accidentalmente si gonfiano d'acque e che son note sotto il nome di *sorgenti di carestia* (*fontaines de disette, fonts-famineuses, bramafan* in Francia, *maibrunnen, hungerbrunnen* in

(1) 'Gli scrittori Arabi ne parlano di frequente, ma il primo fra gli occidentali che ne tenga parola sarebbe Olimpiodoro scrittore della 1.ª metà del sec. V.° Il più antico pozzo modenese rammentato in Europa si vuole che sia quello di Lillers nell'Artois, scavato nel 1126 e tuttora in essere. L'Italia ha probabilmente la precedenza in quanto riguarda la trattazione scientifica di questo soggetto, e forse anche la priorità nella costruzione. RÉCLUS, *La Terra*, 5.ª ed. I, pag. 316.

(2) *L'uomo e la natura*, cit. pag. 515, nota. Il Marsh riduce i 3843 p. ingl. a 1110^{m} Senza dubbio per errore.

(1) RÉCLUS, 5.ª ediz., I. pag. 111.

(2) Vol. IV. pag. 358.

Digitized by Google

Germania), perchè di consueto sono indizî e profezie di annata eccessivamente umida e quindi scarsa di raccolti.

Però la migliore spiegazione per intermittenze regolari e a periodo uniforme di tal fatta di sorgenti sta nel supporre che il condotto sotterraneo, da cui una fonte riceve alimento, sia in qualche parte foggiato a doppio sifone, da cui possa originare un fenomeno consimile a quello che nella fisica sperimentale ha luogo mediante il cosiddetto *bicchiere di Tantalo*. Supponendo (Fig. 248) nel sotto-

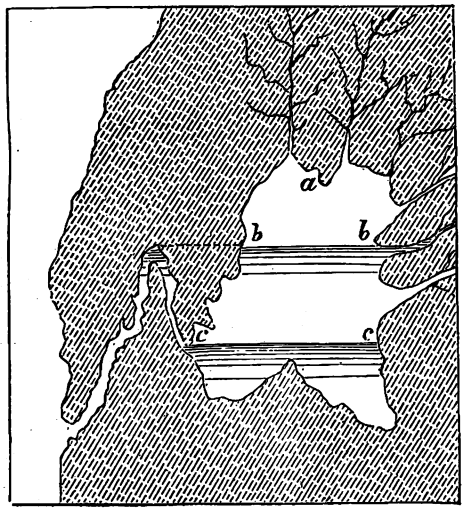


Fig. 248. — Spiegazione delle fontane intermittenti.

suolo la esistenza di una camera interna *a*, essa non può venire riempiuta, se non a poco a poco, dalle filtrazioni acquee. Ora, a mano a mano che l'acqua cresce nella maggiore cavità, s'inalza altresì nel condotto a sifone, fintantochè non ne raggiunga la sommità. Allora avverrà ch'essa avrà campo ad uscire, e qualora l'apertura esterna del condotto sia più bassa della cavità interna, per essa uscirà quasi tutta l'acqua (cioè fino al livello *c c*) contenuta nella camera di ricevimento, nella stessa guisa che il piccolo sifone, nascosto nella doppia parete del bicchiere di Tantalo, ne conduce fuori tutto il contenuto, allorchè si è commesso l'errore di colmare il bicchiere fino all'orlo. Così il periodo della fluenza corrisponde al tempo necessario per lo scarico della cavità; il periodo di sospensione, al tempo necessario perchè essa si riempia daccapo sino al livello della curva (*b b*) presentata superiormente dall'accennato sifone.

Terremoti e vulcani finalmente producono alterazioni numerose e bizzarre nel corso, nella copia, nelle intermittenze e in altre particolarità delle sorgenti.

Una particolarità molto notevole delle sorgenti sta nella loro temperatura. Essa può essere diversissima, cioè può variare da mezzo grado, o poco più, sopra lo zero, come quella delle sorgenti che provengono dai ghiacciai, e giungere ad oltre i 100°. del centigrado, come quella dei geisers o in genere di molte sorgenti vulcaniche. Noi stessi personalmente riscontrammo spesso temperature non superiori a 6 o 7° e qualche volta anche inferiori a 3 o a 4° nelle sorgenti delle montagne anche poste a qualche distanza dalle cime (1), ma se ne notarono alcune, come quella dell'Angerer nell'Oetzthal, segnalata dal Sonklar e posta a 2055^{m} sul mare, di un solo grado superiore alla temperatura del ghiaccio fondentesi, e quella del ghiacciaio superiore del Grindelwald, che presenta una temperatura oscillante fra 2°.4 e 2°.7. D'altra parte le acque di alcune fra le sorgenti di Abano, fra altre, per es., quella di Montirone, presentano delle temperature oscillanti fra 30 e 100°, ma di consueto ferme ad 81° o secondo altri ad 86°; la fonte dei Pisciarelli a Pozzuoli presso Napoli quella di 69°; la sorgente principale del Bulicame di Viterbo fra 57° e 62°; la cosiddetta « acqua bollente della Spiaggia dei Maronti » presso Barano nell'isola d'Ischia più di 101°; finalmente i geisers d'Islanda, secondo le ultime determinazioni, offrono una temperatura oscillante fra 80 e 127° (2).

Le cause della formazione di molte fra le sorgenti calde e specialmente dei geisers sono così associate con i più spiccati fenomeni dell'attività vulcanica, che noi ne rimettiamo al

(1) Fra le sorgenti più fredde da noi riscontrate, rammentiamo: 1.° le più alte sorgenti del fiume Piave, poste sul pendio meridionale del Peralba a circa 2350^{m} sul mare; 2.° le sorgenti del rio Valentina affluente del Gail (Drava) presso Plecken a circa 1580^{m} sul mare. Ecco quanto riscontrammo nelle nostre osservazioni:

	Temperatura dell'acqua	Temperatura aria
1.° Piave		
a) 25 agosto 1875	3°.8	12°.0
b) 23 » 1878	3 .7	10 .0
2.° Valentina		
21 agosto 1876	2 7	17. 7

(2) Catullo, *Trattato di geognosia*, Padova, Sicca, 1844, pag. 403, 412 ed altrove; — Klöden, *Handbuch*, I°, 491; — Marieni Luigi, *Notizie sulle acque minerali del Regno d'Italia*, Milano Dr. F. Vallardi, 1870 alle voci *Abano* e *Pozzuoli*; — Mercalli. *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, Milano, Dr. F. Vallardi, 1883, pag. 203 e seg.; — Fuchs, *Vulcani e terremoti*, Milano, Dumolard, 1881, pag. 251; — Boccardo, *Sismopiologia*, Genova, Sordomuti, 1869, pag. 182 e seg.; — Leclercq Jules, *La Terre de glace*, Paris, Plon, 1883.

Il signor Rob. Walker misurò la temperatura dell'acqua dei Geiser islandesi nel 1874 e, secondo il rapporto

Digitized by Google

relativo capitolo la trattazione; però la spiegazione dell'alta temperatura di molte fra esse non esige che se ne associ la origine coi fenomeni vulcanici; ma può risultare solamente dalla maggiore o minore profondità a cui arrivano, nei loro piegamenti, i condotti sotterranei, dai quali sono alimentate. Senza voler adesso esporre veruna teoria che forse troverà posto altrove (1), è indubitato ormai che la temperatura del suolo è variabile fino ad una certa profondità, dopo la quale si presenta una zona di limitato spessore nota col nome di zona a *temperatura costante*, e, oltrepassatala, la temperatura crescecon una progressione continua, quantunque diversa fra luogo e luogo. Per adeguato e in via largamente approssimativa, la cosiddetta *profondità geotermica*, cioè la profondità necessaria perchè abbia luogo un aumento di 1° del centigrado nell'interno della Terra, si può ritenere oscillante fra 30 e 35^{m}. Posto ciò, è facile comprendere che se il sifone che rappresenta il condotto generatore di una sorgente corre superficiale, la temperatura di essa di poco può allontanarsi dalla temperatura media del soprassuolo e quindi dell'aria esteriore, anzi ne seguirà le oscillazioni; ma se esso si sprofonda negli strati più interni, l'acqua che li attraversa non potrà sfuggire alla influenza dell'alta temperatura di cui sono forniti, e ne verrà analogamente riscaldata. La cosa riesce tanto evidente, che, qualora si potesse tener conto delle variazioni che sulla temperatura provengono dalla lunghezza e dagli accidenti del tragitto, essa sola potrebbe designarci, secondo una grande approssimazione, la massima profondità nella quale dev'esser passata l'acqua di una sorgente qualsiasi.

La esperienza praticata nei pozzi artesiani viene a confermare completamente tale asserto. Ecco, per esempio, le temperature delle acque di alcuni fra i pozzi di Parigi:

Pozzi	Profondità	Temper.
di Saint-Ouen .	66^{m}.	12.°9
» Chapoiseau .	410	17.°5
» Grenelle .	548	27.°4.

presentato a 29 aprile 1875 alla Soc. reale d'Edimburgo essa risultò come segue:

alla profondità di metri	gradi
0.°	86.1
5. 5	91.7
11. 0	117.2
15. 1	123.3
20. 6	126.4
23. 6	125.0

(2) Confr. capit. dei *Vulcani* e la parte di geografia meteorologica.

Così, ritenendo sempre che la media temperatura del suolo nella zona temperata o a notevoli altezze possa ragguagliarsi a 12°, la provenienza dell' acqua del Bulicame di Viterbo (69°) dovrebbe fissarsi tra 1700 e 2000^{m}; quella dell'*Aguas de Comangilla* (97°) presso Guanaxato (2050^{m} sul mare) nel Messico, fra 2500 e 2800^{m}, quella dell'acqua di Plombières (65°) in Francia, fra 1600 e 1900^{m}, quella delle fonti di Monfalcone prossime al Timavo (38°) a 800^{m} di profondità e così di seguito.

È stato notato poi che generalmente le sorgenti scorrono a profondità non molto grande; ond'è che raccogliendo la media temperatura di buon numero delle fonti spettanti ad una determinata località, si può arguirne la media temperatura del suolo superficiale e del pari quella dell' atmosfera in quella medesima località. Si badi bene che, accennando a tale corrispondenza, si parla sempre di *media* temperatura dell'aria.

La temperatura delle sorgenti, se profonde, presenta una grande costanza, e in qualunque caso accompagna con molto ritardo e in forma molto rimessa le oscillazioni diurne e annuali della temperatura atmosferica. Per cui, salvo pochi istanti durante l'anno od il giorno, si nota sempre un divario più o meno forte fra la temperatura della fonte e quello dell'aria in un dato momento, il che non toglie l' avvicinamento delle medie, così risultanti da elementi diversissimi.

Tale condizione di cose fa sì che, quanto più costante è la temperatura della sorgente tanto più il giudizio volgare intorno ad essa varia. Una temperatura di 12° pare freschissima nella state, quando l'aria è riscaldata a 20° o 25°; riesce gradevole d'inverno, quando questa è raffreddata a 4° o 5°. La Sorgue, che esce da Valchiusa, freschissima l' estate, sembra fumare nel verno, allorchè la scarsa capacità igrometrica dell' aria fredda sovrincombente, rende visibili i vapori che si sollevano dalle sue onde, e non v' è mai memoria che abbia gelato nemmeno nei più crudi inverni. Analoghi fenomeni hanno luogo alle fonti di Oliero sul Brenta, a quelle del Livenza e del Gorgazzo presso Polcenigo ed altrove. Per cui le sorgenti profonde, e quindi a temperatura costante, esercitano una funzione regolatrice sul clima ambiente, la quale di consueto, si rivela anche col carattere della vegetazione che ne abbellisce i margini.

Generalmente si chiamano sorgenti *calde o termali* quelle la cui temperatura supera la media del suolo circostante; *fredde*, quelle che

Digitized by Google

stanno al di sotto di tale media. Il Klöden vorrebbe chiamare propriamente *terme* le sorgenti calde oltre ai 30°, che è presso a poco la massima media annuale in località poste al livello marino; *tepide* quelle fra 20 e 30°; *fresche*, quelle fra 15 e 20°, e riserberebbe il nome di *fredde* alle sorgenti la cui temperatura rimane costantemente inferiore ai 15°. Naturalmente tale distinzione ha una base solamente convenzionale, e molto più seria ci sembra quella segnata dallo Stoppani (1) e secondo la quale si devono chiamare *termali* quelle sorgenti « la cui temperatura si mantiene costantemente superiore alla media temperatura dell'ambiente »; invece meritano il nome di « *fredde* quelle, la cui temperatura oscilla fra il minimo ed il massimo della temperatura dell'ambiente ». Queste ultime veramente sono sorgenti superficiali a temperatura variabile e ad esse va aggiunta la categoria delle sorgenti più propriamente *fredde*, cioè quelle la cui temperatura, senza oscillare, rimane costantemente al dissotto della media ambiente.

Oltre che per la temperatura, le sorgenti si distinguono pel loro *colore* e per la *natura* chimica delle acque che emettono. Per quanto si affermi l'acqua essere incolore, l'esperienza volgare non può non essere colpita dal fatto che, raccolta in masse abbastanza considerevoli, essa presenta diversità di tinte da luogo a luogo (2). Prescindendo dall'acqua del mare, della quale diremo a suo tempo, si potrebbero citare numerosi esempî di acque dolci e limpide e pur diverse di tinta. Così il lago di Ginevra è celebre per la bellezza e per la trasparenza delle sue acque azzurre; il lago di Costanza e il Reno che lo forma e che ne esce, e i laghi di Zurigo e di Lucerna hanno pure acque assai trasparenti, ma più verdi che azzurre; mentre il laghetto di Kloenthal, nelle vicinanze di Glaris, presenta un verde così deciso, che le sue acque appena si distinguono dall' erbose praterie che gli fanno corona. A chi guarda da qualche prominenza i due laghetti di S. Croce e Morto, posti a breve distanza un dall'altro alle falde occidentali del Cansiglio, non può non riuscire curioso il contrasto della tinta verde di quello col turchino profondo di questo. Del pari è noto lo splendido colore di lapislazzuli che presentano molti dei geiser, e le tinte inafferrabili di molte fra le più celebri sorgenti, cominciando da quella di Aretusa e terminando con quella del Gorgazzo, una delle fonti del Livenza.

Non v'ha dubbio che il colore delle acque resta influenzato dalla loro mole e profondità, dalla tinta delle roccie, del fondo e delle sponde, dalla postura, dal paesaggio circostante, dalla stagione e dall'ora; ma esso lo è altresì dalla composizione chimica delle acque medesime. Per dire solo di due fiumi, uno notoriamente verde, il Reno, l'altro azzurro, il Rodano, le ultime indagini inclinano ad attribuire la prevalenza dell'azzurro in questo secondo soltanto al fatto dell'esservi meglio disciolto il calcare del quale entrambe son pregne (1).

Del resto ormai è un concetto diventato volgarissimo quello che l'acqua pura non esiste in natura. Tutte le sorgenti presentano in soluzione un certo numero di sostanze che non si trovano nell'acqua distillata, nè nell'acqua piovana, e ch'esse hanno rapito ai terreni da loro traversati, giustificando così l'antico adagio pliniano: « talis est aqua, qualis terra per quam fluit ». Le sostanze più comunemente associate alle sorgenti sono l'azoto, l'ossigeno, il gas acido carbonico e materie organiche; ma poi spesso avviene che vi si uniscano calce, magnesia, ferro, sodio, potassio, iodio, ecc., secondo varie combinazioni chimiche. Qualora tali sostanze si ritrovino in piccole quantità, sicchè rimangano insensibili al palato, le acque si giudicano *pure* dalla comune degli uomini, il cui giudizio così, bene spesso, si scosta da quello dei chimici. Onde avviene talvolta che si bevano e si lodino altamente a motivo forse della loro freschezza e della loro trasparenza delle sorgenti, che tengono in dissoluzione quantità notevolissime di materie diverse. Le sorgenti calcari delle regioni dove spesseggia il gozzo e il cretinismo, malattie sovente da esse ingenerate, sono spesso giudicate ottime da paesani che ne son vittime (2).

Dalla sorgente della Dorne nell'Ardèche in Francia, che si giudica pura quasi quanto l'acqua distillata (3), alla sorgente di San Filippo presso Castiglion d'Orcia in Toscana, capace di creare coi suoi depositi un strato di

(1) *Corso di geol.*, I, pag. 289.

(2) SPRING M. W. *La couleur des eaux*, in *Revue scientif.*, 10 febbr. 1883, pag. 161.

(1) SPRING, loc. cit. pag. 168.

(2) I chimici poi c' insegnano che l'acqua cessa di essere potabile, quando, anche senza essere inquinata da sostanze organiche, contiene più di un mezzo grammo di residuo fisso, per litro d'acqua. Questo almeno fu il limite fissato dal congresso d' igiene tenuto in Bruxelles nel 1852.

(3) Fra le sorgenti più pure si giudicano quelle di Gastein, di Pfeffers, di Wildbad, di Plombiéres ($\frac{1}{3300}$ di sali), di Loka in Isvezia.

Digitized by Google

$^1/_2$ metro di travertino all'anno o press'a poco, e d'incrostare in poco tempo qualsiasi oggetto che vi s'immerga, corre un infinita scala di gradazioni nella quantità delle materie sciolte dalle sorgenti. Quando tale quantità diventa considerevole, e quando, sia la proporzione sia la natura delle materie così disciolte, comunicano all'acqua speciali caratteri che la rendono impropria agli usi ordinarii della vita, allora la sorgente assume il nome di acqua *minerale* e anche quindi talvolta di acqua *medicinale*. Sorgenti minerali se ne trovano dovunque sul globo; ma alcune regioni ne sono specialmente ricche. Per esempio il versante francese dei Pirenei conta più di 550 sorgenti minerali delle quali nel 1860 ne erano utilizzate 186, e altre se ne vanno scoprendo sempre.

È poi troppo naturale che le sorgenti minerali si classifichino a seconda della prevalenza delle sostanze in esse disciolte. Su questa base si distinguono molte serie di sorgenti; ma le principali categorie possonsi riassumere nelle seguenti: sorgenti *calcaree; solforose*

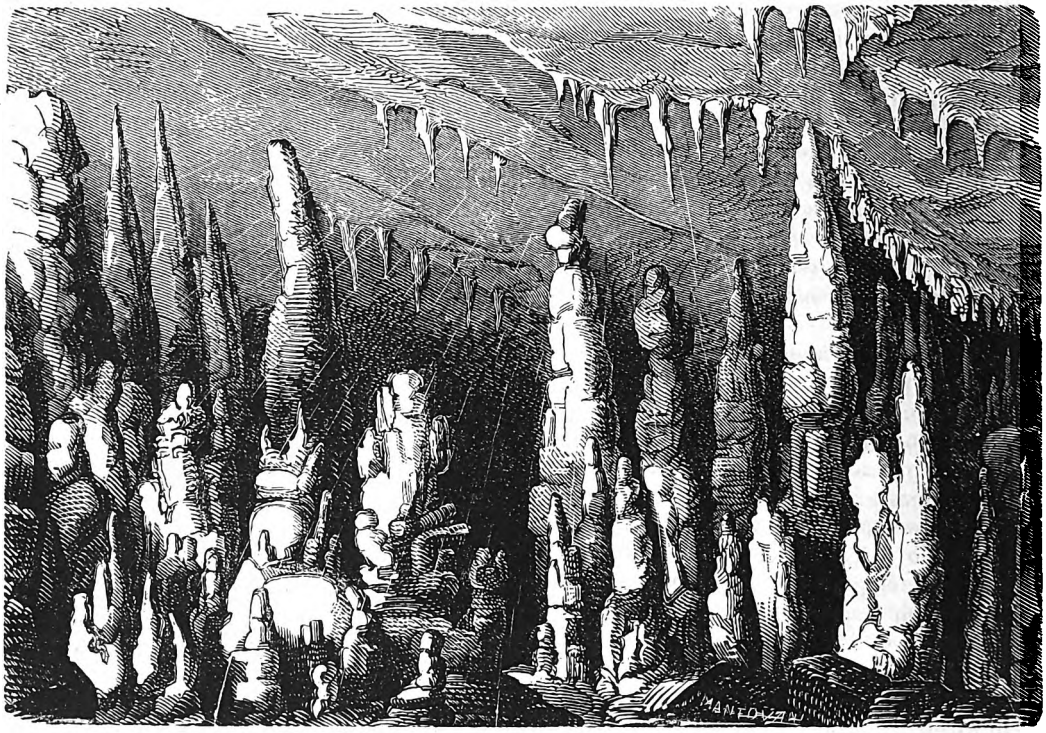


Fig. 249. — Stalattiti e stalagmiti nella grotta d'Adelsberg. Il Calvario

e *gessose; silicee; ferruginose; saline* e finalmente *acidule o carbonate*.

Interessanti tutte per l'igienista e pel medico a motivo dei loro effetti terapeutici, le sorgenti minerali sono assai istruttive anche pel geologo, al quale rivelano sovente la natura dei terreni che attraversano, e per esso come pel geografo a motivo anche delle modificazioni morfologiche delle quali sono talvolta l'origine. Così non è trascurabile la quantità di materiale, che la loro potenza dissolvente trae dalle viscere alla superficie del globo. Si calcolò, ad esempio, che facendo evaporare l'acqua che sgorga in un solo anno dallo *Sprudel* di Carlsbad, una delle sorgenti saline più rinomate, si otterrebbero non meno di 12 milioni e $^1/_2$ (23 milioni di pfunds) di chilogrammi di sale e 6 milioni e mezzo di chilogrammi di soda. Altri calcoli mostrarono come soltanto una delle sorgenti di Louèche, quella di Saint-Laurent, esporta ogni anno non meno di 4 milioni di chilogrammi o circa 1620^{mc} di gesso, ciò che sarebbe sufficiente a formare in un secolo uno strato di gesso alto 16 centimetri sopra uno spazio esteso un intero chilometro quadrato. È facile comprendere come una simile asportazione, già notevole se l'azione sia limitata ad una sorgente sola e per un tempo non molto lungo, diventi enorme se si ponga mente alla perduranza di tale azione e al numero grandissimo di sorgenti e di rii sotterranei, che cooperano in un mede-

Digitized by Google

simo lavorìo. Di più, la facilità che i meati sotterranei talvolta si ostruiscano, e che quindi si formino a monte dei depositi ragguardevoli di acque, che così premono sugli ostacoli, ingenera una potenza meccanica enorme nelle acque sotterranee, in tal guisa capaci di scavarsi dei vasti condotti e delle ampie cavità nell'interno del suolo.

I tratti, talvolta assai lunghi, di fiumi sotterranei, le grotte, sovente capacissime, quali quelle di Adelsberg nella Carniola, o la Mammouth's Cave degli Stati Uniti e moltissime altre consimili, molti dei laghi periodici quali quello di Zircnitz, la

> . . . Lugea palude, onde si vanta
> La nobil Carnia . . . . . .

ancor cantata dal Tasso (1), possono fornire esempi di tali fenomeni.

Allorquando l'acqua uscita all'aperto ha libero campo di evaporare o se ne sprigionano i gas, che, come il carbonico, ne aumentano il potere dissolvente, la materia così asportata viene a consolidarsi in varia guisa, dando

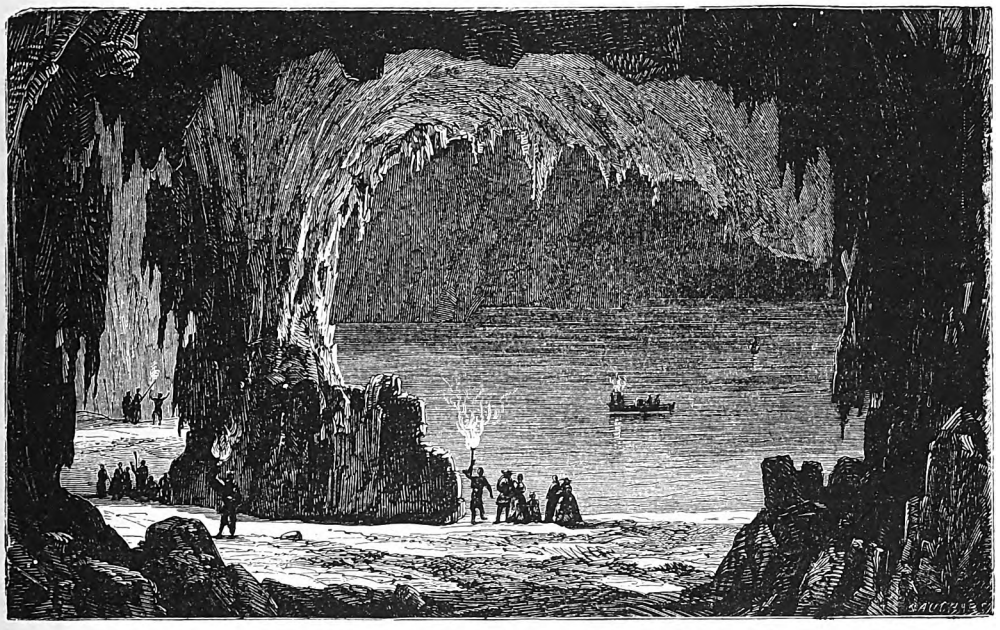


Fig. 250. — Il mar morto nella Mammuth's Cave.

origine ad esempio, nei casi di sali calcari, a diverse formazioni di *stalattiti*, o incrostazioni pendenti dalle vôlte, e di *stalagmiti* (Fig. 249) o incrostazioni ascendenti dal suolo nei punti dove lo stillicidio delle goccie è frequente, od a depositi di *travertino*(*lapis tiburtina*) tanto noti e tanto utilizzati nell' Italia centrale, o ad un lavoro di cementazione dei ciottoli sui quali o traverso i quali l'acqua scorre, e quindi formando quel conglomerato noto fra noi col nome di *ceppo* e in Francia con quello di *béton*, o anche da ultimo, nei casi di sorgenti silicee, a delle vetrificazioni, pari a quelle avvertite nell'isola di San Miguel, una delle Azzorre.

Per comprendere a qual punto arrivi la potenza dell'azione sotterranea dell'acqua, basti dire che la Mammouth' s cave del Kentucky, ancora non completamente esplorata, penetra nel suolo per non meno di 15 chilometri in linea retta, lo sviluppo dei varî corridori che ne costituiscono il labirinto ammonta a non meno di 240 chilom., comprende laghi (Fig. 250) pozzi, voragini, cavità a vôlte gigantesche, montagne, insomma un'intera e sua propria morfologia interna, paragonabile a quella del mondo esteriore; nè affatto inanimata, dacchè alimenta una flora ed una fauna proprie, misere sì ma non trascurabili. La materia così asportata dall'acqua per dar posto a siffatta orografia interna non si computa a meno di 12 milioni di metri cubi.

Molto meno grandiosa per le dimensioni; ma attraente per le formazioni stalattitiche e

(1) *Le sette giornate del Mondo Creato*, G. III *Carnia* per *Carniola*.

Digitized by Google

stalagmitiche è la grotta di Adelsberg (Postoina) nel Carso, lunga forse non più di 4 o 5 chilom. (Fig. 251). Essa però è traversata dal fiume Piuca (Poik), che ne esce a Planina col nome di Unz, e dopo una nuova percorrenza sotterranea, va ad accrescere le paludi (morast) di Lubiana e quindi la Sava. Questa grotta, o per lo meno il fiume che la traversa,

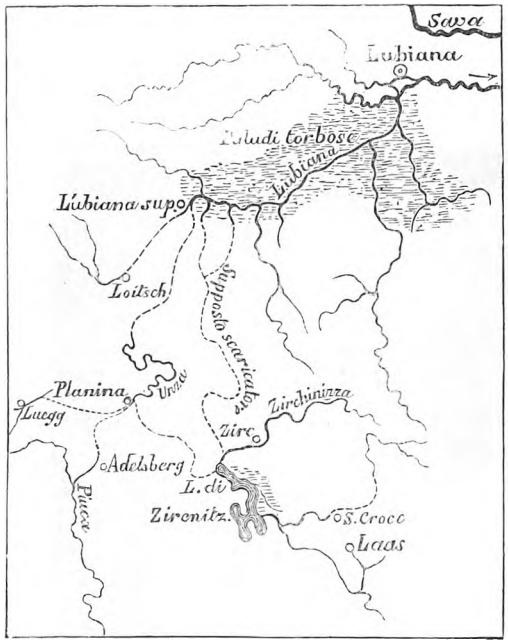


Fig 251. — Il lago di Zirenitz e idrografia sotterranea del Carso.

è anche in comunicazione col citato lago periodico di Zirenitz, di consueto esteso su forse 60 chilom. quad. di spazio, ma di cui l'acqua talvolta sparisce assorbita dai molteplici meati del fondo, tal altra trabocca sopra un'estensione quasi doppia dell'ordinaria, ond'è

che in vari tempi
L'istessa sia palude, e campo, e selva.
(Tasso, ivi).

I geografi poi conoscono numerosi esempi e di laghi periodici, come quelli di Copais nella Beozia, o il cosiddetto Bauergraben (la fossa dei contadini) od Hungersee (lago della fame) nell'Harz; o di corsi sotterranei di fiumi, come la Reca, già accennata, la Sorgue di Valchiusa, il Revest a monte di Tolone, i fiumi Sarapa e Blanco nell'Honduras, la Garonna, che risorge al « Goueil de Joueou » e tanti altri.

Fra tali fiumi notevolissimi e notissimi sono il Rodano e la Guadiana. Uscito quello dal lago di Ginevra già fiume copioso, largo oltre a 60^{m}, presso Bellegarde, alla cosiddetta *Perte du Rhône* si sprofonda in una forra incassata, l'*Écluse*, le cui pareti non distano una dall'altra più di cinque o sei metri, mentre inabissata di un centinaio di metri spumeggia la limpida acqua del fiume, nascosta quasi completamente sotto le roccie. È generale la credenza che il corso superiore della Guadiana sia costituito dal Ruidera, un ruscello che, dopo un corso non lungo, parte per evaporazione, parte per assorbimento, scompare un 12 chilom. a sud di Alcazar de San Juan. Senonchè, circa 35 chilom. da questo punto e nella direzione medesima segnata dal fiume, tre gruppi di sorgenti, i cosiddetti *occhi* « ojos de Guadiana » ovvero « de Villarubia », formano una polla abbondante e bellissima e perenne. Non potendo altrimenti esplicare la copia di quest'acqua, il cui tributo non si valuta a meno di 3^{m} cubi al secondo, gli abitanti di quelle terre e dietro ad essi i geografi, ammisero come indiscussa la identità fra il Ruidera (chiamato persino da alcuni « Guadiana Alto ») e il Guadiana propriamente; ma essa non è che probabile, nè mancano forti dubbî che tale giudizio sia un semplice prodotto della fantasia.

2. Il corso sotterraneo dei fiumi non è del resto se non una eccezione, un'anomalia. Il fatto normale si è che il fiume è la più completa manifestazione della fase superficiale nel vasto e complesso fenomeno della circolazione delle acque.

Anche a riguardo dei fiumi, come già trattando di altri argomenti geografici, la prima questione, e, con essa, la prima difficoltà in cui noi c'imbattiamo consiste in un problema di nomenclatura. Le parole *rio* o *rivo*, *ruscello*, *torrente*, *fiume*, *fiumara*, *corrente* e consimili, e i loro corrispondenti nelle lingue straniere, si adoperano con tanta larghezza di significato e si scambiano tanto sovente, che diventa assai arduo dar loro una definizione sicura ed accettabile senza discussione. Però, nella generalità, le forme *rio*, *rivo*, *ruscello* (*ruisseau* dei francesi, *bach* dei tedeschi, *creek* degl'inglesi, *arroyo*, *aroyuelo* degli spagnuoli, *patoc* e *patac* degli slavi, *pàriu* dei rumeni, *riax* dei greci, ecc.) si riservano per i minori corsi d'acqua, che di consueto si formano nella montagna e costituiscono il sistema capillare, da cui si alimentano le maggiori arterie fluviatili. Invece la forma *torrente* (*torrent* dei francesi, *wildbach* dei tedeschi, *torrent* degli inglesi, *torrente* degli spagnuoli, *bistriza*,

Digitized by Google

bujiea, *strumien*, *hudournic* degli slavi, *vadzuhony* degli ungheresi, *torent* dei rumeni, ecc.) un tempo adoperata quasi solamente nel senso di corso d'acqua temporario e perciò disseccato durante qualche stagione dell'anno, con perfetta analogia col significato, col quale gli Arabi usano le forme *ued* e *uadi* e gl'indù quella di *nallah*, adesso si adopera per indicare un corso d'acqua abbastanza considerevole, però a discesa rapida, a corso veloce, a piene subitanee, e quindi vien di solito riservata ai maggiori rivi della montagna.

Non mancano esempî di torrenti anche nella pianura, nè con nome diverso si potrebbero chiamare quei corsi d'acqua, così frequenti nell'Emilia e nel Veneto orientale, la cui esistenza si palesa a mezzo di vasti letti ghiaiosi, bianchi o giallastri, asciutti gran parte dell'anno o animati al più da sottilissimo filo d'acqua. Tuttavia i torrenti, secondo il senso della parola più diffuso oggidì, sono accidenti del suolo spettanti alla montagna, dove raccolgono l'acqua proveniente da centinaia di ruscelli, che precipitano lungo i ripidi e rugosi fianchi e convergono (Fig. 252) di consueto in un primo bacino di ricevimento (*entonnoir*, *bassin de reception*, *sammelbecken*, *aufnahmbecken*). Ond'è che il torrente convoglia l'acqua cadente sopra uno spazio più o meno vasto, ma fornito di pendìo così forte che la raccolta succede in brevissimo tempo, — causa principale della natura violenta del torrente stesso, il quale, poscia, solcando il fondo delle valli, scorre sopra un piano pur assai meno inclinato di quello dei fianchi montuosi che gli son tributarî. Così, in letto sovente profondo e roccioso esso traversa la zona montuosa, d'onde uscendo s'allarga nel piano. Qui la espansione maggiore e il sempre decrescente pendìo, e talvolta una certa compensazione nei varî tributi acquei avvenuta nel corso superiore, ne rendono più tranquilla e costante la defluenza, ed esso assume di consueto la denominazione di *fiume* (1).

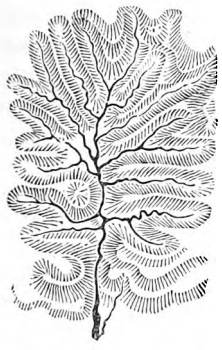


Fig. 252. Bacino di ricevimento.

Distinzione decisa fra i ruscelli, i torrenti e i fiumi non v'è. Fra i geografi sistematici, havvene di quelli che vorrebbero riserbare il nome di fiumi a quelle correnti che sboccano direttamente nel mare, ond'è che, secondo essi, meriterebbe tal nome, stiamo per dire, il Pisciatello (forse il Rubicone dei tempi di Cesare) lungo pochi chilometri, mentre l'Inn, la Drava, affluenti del Danubio e i ben più grandiosi tributarî delle Amazzoni, come, ad esempio, il Madeira, si dovrebbero contrassegnare coll'umile denominazione di ruscelli. Più che dal dotto, anche in questo come in tanti altri casi, la questione venne risolta dal popolo e dall'uso, per cui mentre il nome di fiume si adopera di consueto ad esprimere una corrente notevole per copia e per costanza d'acque, per ampiezza di letto, per estensione di sviluppo, per bacino ragguardevole, per defluenza tranquilla, con opportuni diminutivi (*fiumicello*) o con qualificativi (*fiume-torrente*, *fiume-torrentizio* e simili) si mira a colmare le distanze che separano questo dagli altri alquanto diversi accidenti idrografici, ai quali accennammo.

E l'uso e la tradizione, meglio dei geografi, sciolgono anche l'altra questione del nome proprio spettante ad ogni singolo fiume. Un fiume è un fenomeno complesso. Etimologicamente dovrebbe significare soltanto l'acqua corrente; nella consuetudine abbraccia per lo meno l'alveo e l'acqua che scorre in un determinato canale, anzi sovente l'intero bacino di scolo e l'assieme dei tributarî che confluiscono in uno. Ora, dei molti affluenti, quale dovrà portare la palma e imporre il proprio nome al fiume? Assumendo isolatamente i varî criterî, che si possono mettere a base di tale eponimia, cioè: lunghezza maggiore di corso; maggiore copia d'acque; dirittura della corrente; altitudine della sorgente; colore delle

(1) All'italiano *fiume* corrispondono il greco *potamos*, il latino *flumen*, *fluvius*, *amnis*, il tedesco *fluss* e *strom* (riservato per una maggiore corrente), il francese *fleuve* e *rivière*, l'inglese *river*, lo spagnuolo e il portoghese *rio*, il rumeno *râu*, il boemo e lo sloveno *reca*, il bulgaro, il croato e il russo *rieca*, il polacco *rzeca*, il persiano *rûd*, il pehlvi *rôt*, *rût*, l'antico tedesco *ach*, *ache*, *achen*, il danese *aa*, *elf*, lo svedese *ä*, *elf*, *ström*, *flod*, l'islandese *a*, *elf*, *elfa*, l'indostano *gang*, *naddi*, l'arabo *bahr*, *nahr*, l'ebraico *nahar*, il berbero *asif*, il lappone *iochi*, il finnico *jochi*, *chimi*, l'ungherese *foliam*, *folió*, il turco *irmac*, *ssu*, *ciai*, il lataro *cul*, il manciurico *ula*, il cinese *ho*, *chiang*, *civen*, il malese *sugei*, ecc.

Notisi ancora che presso molti popoli usasi aggiungere al nome proprio il nome generico di fiume come suffisso, quale apparisce ad esempio, nell'abissino *tacazze*, nel somali *robbe*, negli ottentotti *garip* e *motopo*, nell'indostano *ganga*, nel tonguso *sciiga*, ecc. Esempi di questo genere non sono ignoti in Europa, come per es. in *Flumendosa* (Flumen, d'Osa) ecc., senza ricorrere a radici straniere, come l'arabo *uada* (*Guadalquivir* o fiume grande, *Guadiana* o fiume Anas, ecc.), od antiche come il celtico *don* (*Don*, *Donez*, *Donau*, *D-gnestr*, *D-gnepr*, ecc.), e consimili

Digitized by Google

acque e natura torrentizia del tributario: si vede che ognuno di essi venne a volta a volta violato. Il Missuri è di oltre 2500 chilom. più lungo del Mississippì; di circa 170 chilom. è l'Inn più lungo del corso del Danubio a monte delle rispettive confluenze, e tuttavia i due fiumi principali assunsero i nomi di Mississippì e di Danubio. Risalendo il Rodano dalla foce alla sorgente, si trova che alla sua vallata sarebbe diretta prosecuzione quella della Saône, e questa stessa perderebbe il diritto dell'imporre il proprio nome al fiume, qualora si badasse alla soverchiante lunghezza del Doubs. Analogamente, il tributo acqueo che apportano l'Aar e l'Inn, sono ben maggiori di quelli che, nel punto di confluenza, arrecano quei loro confratelli, che si chiamano Reno e Danubio. Ad ogni modo, non soltanto la preminenza di questi due nomi su quelli, è ormai da secoli entrata nel dominio dell'universale; ma adesso, come sarebbe vano tentare di porli in seconda linea, così sarebbe nella maggior parte dei casi anche erroneo, tanto essi si mostrano di consueto saviamente imposti. Nè forse nel dar ragione di ciò, era fuor del vero il Peschel (1), allorchè arguiva che i nomi di molti dei fiumi provengono dall'epoca, in cui le prime tribù, invadendo nuove terre, risalivano le vallate e imponevano il nome del tronco inferiore, fin allora seguito, al tributario, all'insù del quale venivano ad inoltrarsi e al quale dirittura di corso, forma e disposizione di letto, massa d'acque, ampiezza di spazio ed altri criterî oggidì pur valevoli, assegnavano un carattere di primazia.

Del resto, avveniva talvolta ed avviene tuttora, che il corso inferiore del fiume non conservi il nome di veruno dei tributarî superiori, com'è il caso del Šat-el-Arabi, del Weser, o della Plata, ovvero anche assuma, fondendoli, i nomi di due o più fra essi, com'è quello della Gironda (Gyr, Onde) nel dipartimento delle Hautes Alpes, o del Mattaponi (Mat, Ta, Po, Ni) affluente del York-River nella Virginia. E del pari si nota, specialmente trattandosi di fiumi molto estesi e nelle età di cultura primitiva e di scarse relazioni fra le genti, che una stessa corrente abbia una serie considerevole di nomi diversi. Nelle regioni dell'Africa centrale ogni tribù, si può dire, impone allo stesso fiume un nome diverso, per es., il Monj dei Golo settentrionali, diventa lo Uorri dei meridionali e lo Uih dei Ssere; il Bahr-el-Abiad, o fiume Bianco degli Arabi, è detto Jer dai Nuehr, Chir-e-dien dai Dènca, Nim dai Scilluc e così di seguito. Ancora: il nome di Quorra o quello generico di N'gir (fiume) è adoperato dai Negri ora per designare la totalità ora una parte del più grande e notissimo fiume, che sbocca nel golfo della Guinea; ma esso, dalla foce al confluente del Binuè, prende il nome di Nun; da quivi a Yauri più propriamente quello di Quorra; quindi sino a Timbuctu di Mayo (cioè *fiume* senz'altro), finalmente più sopra quello di Gioliba, nel quale la radice *ba*, pur essa sembra non significare altro che *fiume*, e si asserisce che non sieno meno di quattordici i varî nomi, coi quali è noto ai popoli circostanti. Analogamente il gigante fra i fiumi dell'America Meridionale, che noi con nome collettivo chiamiamo Amazzoni, fin a Loreto chiamasi Maragnon, indi fino a Barra, Solimoes, e da qui alla foce, Parà; ma se ne aggiungono due nomi indigeni: Paranapitinga (fiume bianco) e Guiena.

Ogni fiume, come dicemmo, a mezzo dei suoi tributarî di primo o di secondo o di ordine ancora inferiore, raccoglie l'acqua che scola sopra un determinato territorio, il quale appunto assume il nome di *bacino* (*strom* o *flussgebiet*, *bassin du fleuve*, *river's basin*), come assume quello di *sistema* l'assieme dei corsi d'acqua che esercitano più propriamente la funzione di raccogliere e di fluitare il liquido elemento. A quanto abbiamo detto parlando delle pianure (1) poco ci resta da aggiungere a riguardo degli spartiacque, i *divertigia* o *divortia aquarum* degl'idrografi del rinascimento. Già li sappiamo talora formati da elevatissime linee di vetta, tal altra da soglie appena sensibili, e in qualche caso e per tratti brevissimi anche mancare del tutto, dando origine in questo caso a delle vere *biforcazioni* nei corsi d'acqua. Questa circostanza, di consueto abbastanza comune nelle regioni piane ed orizzontali, dove le acque facilmente si raccolgono in depositi palustri, pari a quelli già avvertiti nell'America Meridionale (2), nella Russia (3) ed altrove, si verifica qualche volta anche negli altipiani e

(1) *Phys. Erd.*, II, pag. 471.

(1) Vedi a pag. 308 di quest'opera.
(2) V. pag. 300 e 301 di quest'opera.
(3) V. pag. 295. Così le paludi di Pripet in Russia si scaricano tanto nella Vistola come nel Dnipr e i laghi Masuri nella Prussia orientale inviano le loro acque da un lato alla Vistola dall'altro al Pregel. Dicesi lo stesso del Manic e del suo spartiacque incerto fra il mar Nero ed il Caspio.

Digitized by Google

nelle regioni più aspre e rocciose. In Isvezia, da uno stesso lago, posto ai piedi dello Sneehätten, a circa 1000^{m} d'altezza, partono due fiumi dei quali uno scola verso Cristiania, e l'altro discende nel Molde-Fiord, fra Trondjhem (Drontheim) e Bergen. In quella stessa regione, dove i piccoli acrocori rocciosi s'inseguono senza fine alternati e divisi dai fiord e dai laghi, in uno fra essi, nel pianoro dell'Hardanger, notasi un bacino palustre, quello di Col, dal quale hanno alimento, non meno di otto ruscelli, che scolano in direzioni diverse. Un altro interessante spartiacque di questo genere è il cosiddetto « Two Ocean Pass », cioè « Passo dei Due Oceani », (Fig. 253) noto da un pezzo ai cacciatori americani, e da forse trent'anni segnato sulle carte geografiche; ma esplorato e descritto soltanto dopo il 1878 dall' Hayden (1). Esso si trova nelle montagne Rocciose e precisamente nel bacino dell'alto Yellowstone, a circa 110° di longitudine occidentale da Greenwich e a 44°5′ di latitudine

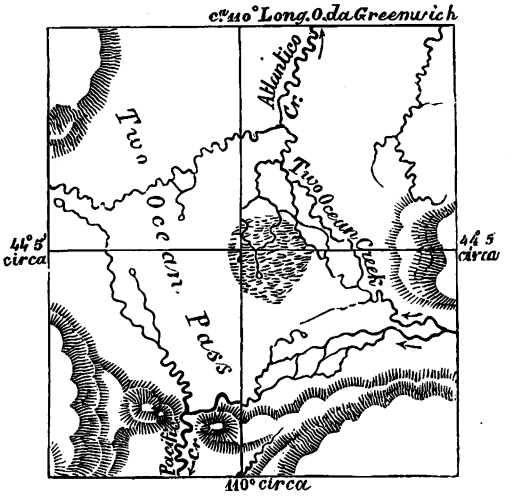


Fig. 253. — Passo dei due Oceani nelle montagne Rocciose.

settentrionale, laddove a 2463 metri sul mare un fiumicello, appunto detto « Two Ocean Creek », scendendo dalla montagna, alimenta un palude, ma prima ancora di raggiungere il piano acquitrinoso in cui le sue acque stagnano, si divide in due rami dei quali uno « l'Atlantic Creek » si getta nel Yellowstone superiore (Upper Yellowstone) e l'altro, il « Pacific Creek » raggiunge lo Snake. Il primo dei due quindi, pel Missuri e pel Mississippi porta le sue acque all'Atlantico; il secondo, per la Columbia, al Pacifico: onde il nome espressivo del passo già accennato.

In Italia, ma ad altezze molto più modeste, un esempio consimile viene offerto dalla val di Chiana, per quanto l'intervento dell'uomo sia adesso concorso ad alterare la originaria morfologia locale. Quella vallata presentava un piano così uniforme (1) da dar origine a vaste paludi, d'onde le acque scolavano ora a tramontana verso l'Arno, ora a mezzogiorno verso il Tevere (Paglia), tanto che a rinsanicare quei luoghi così diventati una regione pestifera, fu necessaria la creazione di uno spartiacque artificiale, il callone di Valiano, laddove la natura non avea saputo crearne veruno. Tale spartiacque risale soltanto a un secolo fa, al 1780.

Talvolta ancora gli spartiacque sono così bassi e così ristretti, che soltanto un tratto breve e praticabile separa un corso d'acqua da un altro, anche se appartengono a bacini oceanici diversissimi. L'uomo che ha saputo ridurre i fiumi vere « strade mobili » pel traffico, nell'utilizzare tali tragitti tra corrente e corrente, ha ancora loro imposto un nome cioè quello di *portage* (2), che nella nostra lingua non ha corrispondente, perchè nella nostra regione manca la cosa.

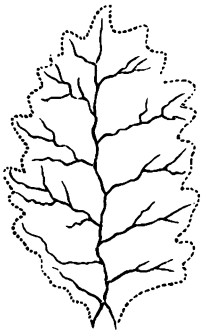


Fig. 254. — Altro schema di bacino idrografico.

La figura più comune che presenta un sistema fluviale è quello di un albero sfrondato o meglio ancora di un' arteria coi suoi capillari (Fig. 252 a pag. 395). Tuttavia non è raro il caso che con essa abbia maggiore analogia (Fig. 254) la figura di una foglia colle sue coste e persino colle sue dentellature, e del pari che i tributarî provengano o esclusivamente o quasi da un solo versante (Fig. 255) e che allora si

(1) Cora, *Cosmos*, Vol. VI, 1880-81, pag. 131.

(1) Da una mappa in pergamena disegnata da messer Antonio de' Ricasoli nel 1551, si ricava che in quell'epoca il fondo della val di Chiana per circa 5 miglia (se toscane, pari ad 8 chilom.) pendeva verso l'Arno, per quasi 10 miglia (16 chilom.) era orizzontale e il resto pendeva verso il Tevere. Adesso il tributo di tutta la parte toscana della valle si porta verso l'Arno. Cnfr. *Studî sulla geografia naturale e civile d'Italia*, Roma, Elzevir 1875, pag. 227. Vedi ivi a pag. 231 e seg. la bibliografia del soggetto.

(2) In inglese: *nagl* ed *hamel* in arabo; *tsin*, *sce* in cinese; *vadested* in danese; *trageplatz* in tedesco; *vao* in portoghese; *volog* in russo; *cäz* in ungherese.

Digitized by Google

allineino paralleli tra loro, nella guisa dei denti di un pettine. È naturale che la figura che presenta la projezione orizzontale di un sistema idrografico, proviene in prima linea dalla originaria inclinazione dei varî piani del bacino medesimo, poi dall'azione di erosione e di trasporto che il fiume stesso esercita, come vedremo più oltre. Quest'azione può diventare tanto

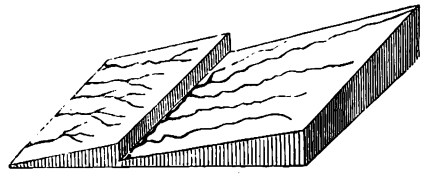


Fig. 255. — Bacino idrografico con affluenti da una sola sponda.

potente, che, ajutata da altre cause, arriva talvolta a dei risultati, apparentemente contradditorî alla originale morfologia terrestre, sulla quale il sistema del fiume dovrebbe foggiarsi. Così, non soltanto avviene sovente, e ne discorremmo, che le più elevate catene di montagne non formino per nulla i più cospicui spartiacque; ma che un fiume, o per via superficiale o per via sotterranea traversi decisamente una o più catene di montagne, serrandosi fra strette *chiuse* (*clause*, *tobel*, *defilé*, *gorge*,) e determinando la formazione di parecchi bacini successivi, orograficamente indipendenti tra loro, e collegati soltanto pel tributo d'acqua, che i superiori inviano nella maggiore arteria che tutti li solca. L'Elba, che dopo lungo giro ab-

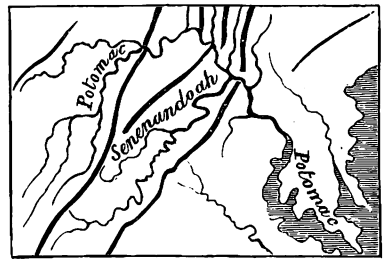


Fig. 256. — Successivi bacini del Potomac negli Stati Uniti.

bandona l'altopiano boemo e traversa l'Erzgebirge per la gola che va da Teschen a Pirna; l'Aluta che abbandona quello della Transilvania, trafugandosi fra le forre delle Alpi omonime per raggiungere le pianure rumene e il Danubio; il Reno, che perviene alla pittoresca vallata media, che ne accoppia il nome coi ricordi di mille tradizioni mediovali e colla fama dei celebri vigneti, solo traverso le catene del Jura; il Bramaputra, che raggiunge il delta gangetico, forzando le chiuse dell'Imálaia; il Delawäre, il Sussquehanna, il Potomac (Fig. 256) che s'aprono a più riprese il passo fra le catene parallele degli Alleghany (Stati Uniti) son pochissimi fra i molti e notevoli esempi che si potrebbero citare a conforto di quanto asserrimmo. Sistemi e bacini tipici e unitari, come quello del Po, sono rarissimi; bacini complessi come quello del Danubio, massime nei fiumi a lungo decorso, sono comuni.

Oltre ai confini e agli spartiacque, elemento importantissimo dei bacini è la loro estensione superficiale. Un limite superiore qui possiamo conoscerlo ed è quello delle Amazzoni, che già accennammo come non minore di circa 7 milioni di chilometri quadrati; — sarebbe assurdo cercarne il limite inferiore.

L'estensione del bacino è in una relazione molto incostante e accidentale colla lunghezza del corso (1). Il Mississippì-Missuri e il Nilo presentano una lunghezza non inferiore rispettivamente a 6600 e a 6000 chilom., mentre il rio delle Amazzoni non supera quella di 5700 chilom., eppure i bacini di quei due fiumi, nell'ordine in cui li segnammo, non oltrepassano la estensione di 3 milioni e $^1/_2$ e di 3 milioni di chilometri quadrati, cioè non arrivano alla metà della superficie che versa le sue acque nella grande arteria dell'America Meridionale. Del resto una così enorme estensione, almeno pari a 7 milioni di chilometri quadrati e tale che da sola abbraccia i $^2/_5$ della vasta mole, non sappiamo se chiamarla peninsulare o continentale, a cui appartiene il gran fiume, quasi eguaglia quella del continente Australe e supera quella dell'Europa privata delle appendici insulari e peninsulari, è affatto eccezionale. È difficile trovare più di venti fiumi il cui bacino presenti una estensione maggiore di 1 milione di chilometri quadrati. Ricorrendo alle fonti migliori e più recenti e dando ai nostri numeri, il valore di una semplice approssimazione, ecco quali sarebbero i più estesi bacini fiuviali del globo.

	Estensione del bacino in milioni di chil. q.
Amazzoni	7.0
Mississippi-Missuri	3.5
Plata	3.0
Obi	3.0
Congo	3.0
Nilo	3.0

(1) Vedi **Tav. XXXIII. I Fiumi** ecc.

Digitized by Google

	Estensione del Bacino in milioni di chil. q.
Jenissei	2.5
Lena	2.0
Amur	2.0
Jangcechiang	2.0
Hoango	1.9
Gange e Bramaputra	1.9
Volga	1.5
Mackenzie (America Artica)	1.5
Senegal	1.4
Murray (Australia)	1.3
Orange	1.2
Sascaciavan (America Artica)	1.2
S. Lorenzo	1.2
Indo	1.1 (1)

Tuttavia, sommati assieme, risulta che meglio di 45 milioni di chilom. quadr., cioè circa una terza parte della porzione asciutta del globo è costituita da bacini fluviali, estesi ciascuno oltre 1 milione di chilom. quadrati. Quindi, volendo por mente al come questi grandi bacini stieno in rapporto colle varie parti del globo, alle quali spettano, si scorge che i due grandi sistemi fluviali dell'America Meridionale occupano da soli i $^3/_5$ della intera sua estensione, che gli otto grandi fiumi dell'Asia e i quattro dell'America Settentrionale occupano circa i $^2/_3$ delle rispettive parti del globo, che i bacini di quattro grandi fiumi si stendono su poco meno di $^1/_3$ dell' Africa, e che un solo grande bacino spetta all' Europa e all' Australia, di ciascuna delle quali parti ogni bacino rispettivamente abbraccia soltanto $^1/_5$ in superficie.

È strano che anche lo scolo di questi enormi bacini sia rivolto inegualmente alle grandi divisioni degli oceani. Il solo Atlantico raccoglie le acque di una metà della superficie totale (circa 23 milioni di chil. quadr.) e dopo di esso viene l' Oceano Glaciale Artico, mentre quella sconfinata estensione dell'Oceano Pacifico, ha per tributaria una superficie appena superiore a 7 milioni di chil. quadr., sempre qualora limitiamo la considerazione ai grandi bacini preaccennati. E i rapporti di poco si altererebbero, qualora, invece che un' area pari a 1 milione di chilometri quadrati, noi avessimo assunta a limite inferiore del nostro elenco una superficie alquanto minore, ma pur sempre considerevolissima, quella del $^1/_2$ milione.

Naturalmente questa distribuzione non è accidentale e proviene dalla morfologia dei singoli continenti, e sopratutto dalla postura e dalla direzione delle principali catene di montagne.

Questa stessa morfologia agisce sulla forma e sulla fisionomia idrografica (ci si permetta la frase) delle varie parti del globo.

Le forme frastagliate e minute dell'Europa, il profondo e vario internarsi dei mari nella terraferma, il bizzarro e contorto succedersi di varie catene di montagne, dànno ragione della scarsezza dei grandi bacini, e dell' assenza di uniformità nell' andamento dei fiumi minori. Un primo contrasto in questa parte di mondo proviene anzitutto dal carattere decisamente diverso tra le regioni occidentali e centrali, e il grande bassopiano orientale. Là le montagne coi loro mille accidenti, che obbligano i fiumi a contorcersi in guise svariate e che creano parecchi bacini successivi per una stessa corrente, là gli spartiacque decisi e sicuri, vere linee di vetta, che sminuzzano l'idrografia in modo meraviglioso; qua le pianure nette ed uniformi, senza spartiacque deciso, dove appena una bassissima soglia o un palude segna quando il divorzio, quando la fusione di acque diverse, qua i vasti bacini unitarî, i fiumi a curve ampie, a direzione mantenuta per centinaia di chilometri, a corso lento, a dolce pendenza, a portata uniforme. E tanto là che qua un solo importante nucleo di displuvio: il gruppo del San Gottardo nella occidentale, il gruppo del Valdai della Europa orientale.

È singolare la tendenza dei fiumi dell'Asia ad associarsi per coppie, aventi prossima la sorgente, divergente il corso e comune o per lo meno prossima la foce. Irtiˇ ed Obi, Hoango (prima della deviazione avvenuta nel suo corso inferiore nel 1851 o dopo ripreso l'antico corso nel 1882), Jangcechiang, Bramaputra e

(1) A titolo di confronto avvertiamo che il bacino del Po si può valutare in numeri rotondi a 70000 chilom. quadrati, cioè ad una superficie 100 volte minore di quella del bacino dell' Amazzoni. Nella figura volemmo porre a confronto le aeree di questi due due bacini. V. fig. 257.

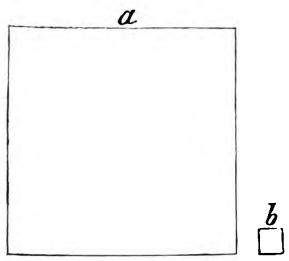


Fig. 257. — Parallelo fra l'estensione superficiale del bacino dell'Amazzone (*a*) e di quello del Po (*b*).

Digitized by Google

Gange, Satlege ed Indo, Tigri ed Eufrate, forniscono altrettanti esempî di siffatti fiumi gemelli. Persino nel Sir-daria e nell' Amu-daria, i tributarî del bacino interno aralico, si nota un'analoga disposizione all'abbinamento. La quale è in parte spiegata dalla esistenza di quel grande succedersi di altopiani interiori, che costituiscono una specie di vastissimo nucleo centrale senza scolo periferico e da cui si spiccano più o meno montuose varie penisole in varii sensi. Fra appendice e appendice penetra un bacino marittimo, prosecuzione di una conca continentale serrata fra le masse orografiche costituenti l'ossatura delle varie sporgenze. È in tale conche soltanto che possono aver sfogo i sistemi idrografici, come nel solo nucleo centrale possono aver origine. Dà ciò la necessaria prossimità di molte fra le sorgenti e la necessaria prossimità o comunanza delle foci, tutte le volte (e la moltiplicità dei raggiamenti orografici rendono il caso frequente) che uno stesso bacino possieda più di un sistema fluviale

La necessaria prossimità delle sorgenti o almeno quella dei corsi superiori dei fiumi diventa addirittura eccezionale nella regione interposta fra Bramaputra e Jancechiang, dove quattro o cinque grosse correnti procedono parallele, nello stesso senso, pochissimo discoste anzi appena separate una dall'altra da esilissime catene parallele di monti.

L' idrografia dell' Africa è troppo poco conosciuta, perchè se ne possano dare dei tratti generali e sicuri. Questo fin da adesso si può dire: che vi regna la massima indipendenza fra i bacini fluviali. Le sorgenti di taluno dei fiumi, per esempio quella del Quorra, spettano a una regione lontanissima da quella dei grandi laghi, dalla quale proviene il Nilo e trae molti tributari il Congo; e il bacino di quel primo fiume sia per figura, come per distanza, non ha nulla di comune cogli altri due. Quanto probabilmente si verifica per tutti i massimi bacini africani è la condizione, della quale spiccatissimo esempio si è il Nilo: cioè della enorme scarsezza di affluenti lungo il corso inferiore dei fiumi. Durante gli ultimi 2300 chilometri di corso, limitatamente alla riva sinistra e durante gli ultimi 900 cioè dal punto dov'esso esce dalla zona torrida, estendendo l'asserto ad entrambe le rive, sino alla foce, non un solo affluente visibile gli arreca tributo di acque, onde la sua pur notevole portata anche nel tratto egiziano del suo corso, se veramente accertata, sarebbe inesplicabile, senza la congettura che riceva alimento da corsi d'acqua sotterranei ed invisibili.

Nell'America settentrionale le salienze plastiche, alle quali fan capo i principali raggiamenti fluviali, son queste. La posizione laterale delle montagne Rocciose, senza che queste arrivino ad essere una catena costiera, com'è suppergiù il caso della Cordigliera delle Ande; l' accumularsi delle più potenti masse montuose e dei loro maggiori interzamenti nella zona mediana di tale catena; la posizione laterale degli Alleghani; la esistenza di un minore spartiacque nel basso acrocoro pianeggiante che circuisce dovunque, salvo che ad oriente, la regione dei grandi laghi. Da tutto ciò i mediocri ma pur notevoli, bacini del versante del Pacifico; i modesti bacini del versante orientale degli Alleghani; la necessaria triplice ripartizione dei maggiori bacini, l'un complesso e diviso, rivolto a tramontana, gli altri due compatti ed uniti rivolti a sud. E nelle stesse montagne Rocciose i nuclei idrografici si palesano cospicui. Nel National Park, o nelle sue pertinenze, a circa 110° di longitudine occidentale e fra 43° e 44° di latitudine, notansi le scaturigini dello Snake, il più grosso affluente della Colombia, quelle del Missuri e del Green Creek il più forte tributario del Colorado. Nove e dieci gradi più a nord, nel gruppo montuoso che fa capo al mount Brown, ecco affollarsi le scaturigini prime del Columbia, del Fraser, del Sascaciavan, e del Mackenzie. Finalmente presso al lago Itasca, la più remota sorgente del Mississippì, notansi altresì i primi laghetti e i primi ruscelli che da un lato scaricano le loro acque nei fiumi artici e dall'altro portano tributo al lago Superiore e quindi al bacino del San Lorenzo.

La posizione decisamente laterale delle Ande, che lasciano breve striscia di suolo tra la loro linea di vetta e il Pacifico, resero impossibile la formazione di bacini fluviatili sul versante occidentale dell' America del Sud. D' altronde l' allineamento di quella enorme catena, che, quale bastionata muraglia, si oppone agli alisei carichi ancora di umidità, per quanto ne abbiano scaricata sulle alture brasiliane, rende quella regione una fra le più piovose del mondo. Ne provenne la formazione di enormi bacini, più o meno rivolti a levante, e causa la bassura dell'avvallamento interiore, appena separati un dall'altro da spartiacque indecisi e mutabili ad ogni piena.

Però il grande scaricatore delle Ande è sempre il bacino delle Amazzoni; mentre i

Digitized by Google

due simmetrici bacini dell'Orenoco e della Plata ricevono i loro principali tributarî e quindi il loro precipuo alimento, quello dalla Sierra Parime, questo dai monti del Brasile, cioè dai due gruppi orografici indipendenti dalle Ande. È notevole osservare come proporzionale alla estensione delle due regioni montuose siano l'ampiezza dei due bacini fluviali ora accennati, e come lo stesso rapporto si ripeta anche pei due minori bacini dell'Essequibo e del S. Francisco, alimentati il primo dalle montagne della Guaiana, il secondo dalle più orientali catene dei monti brasiliani, e sì l'uno che l'altro simmetricamente disposti rispetto al bacino delle Amazzoni. Semplicità di distribuzione questa, che non trova certamente riscontro nella idrografia del continente antico.

Un solo fiume considerevole spetta all'Australia: quello del Murray col Darling, ed esso pure occupa un angolo del continente, alimentato dalle sole catene di montagne degne di tal nome che quella parte di mondo possieda. Fuori di tale bacino non v'hanno che pochi fiumi costieri, o incerti sistemi idrografici interiori, senza sfogo periferico, costituiti da correnti a carattere periodico e da successivi depositi lacustri o palustri. Idrografia embrionale ed incompleta, quale in nessun luogo altrove, almeno su così vasto spazio terrestre.

Anche i corsi dei fiumi presentano notevolissime differenze tra loro. Quanto alle lunghezze, possiamo partire da pochi chilometri anzi da poche centinaia di metri (Timavo) e arrivare a 6500 e forse a 7000 chilom., com'è il caso dello sviluppo totale del Missurì, sommato a quel tratto del Mississippì, che corre dal suo confluente al mare. Una lunghezza di 6500 o 7000 chilometri è un valore assai ragguardevole; supera quella del raggio terrestre, e distesa in retta linea sulla Terra, corrisponde a 60 o 64 gradi, cioè sta tra $^1/_6$ e $^1/_7$ di un meridiano terrestre.

Meglio che 60 fiumi presentano uno sviluppo di corso superiore a 1000 chilom., seguendo le varie curve e le sinuosità della corrente, ed escludendo dal novero i tributarî, che accrescerebbero quella cifra di forse altri 25 o 30 correnti. Ancora: ben 20 fiumi primarî presentano un corso più lungo di 2500 chilom., come mostra la tabella veniente nella quale, accanto alla lunghezza che si ottiene seguendo le curvature diverse del loro corso, aggiungemmo altresì la distanza rettilinea fra la loro sorgente e la foce. Avvertiamo, come sempre, che, mentre usammo ogni diligenza nella scelta dei dati, alla maggior parte tra essi non accordiamo se non un valore approssimativo.

	Sviluppo del corso	Dist. rettilinea fra la sorgente e la foce.
Mississippì-Missurì.	6530	2550
Nilo	6000	3770
Amazzoni.	5700	3250
Jenissei	5500	2500
Jangcechiang	5200	2900
Congo	4100	2000
Amur	4000	2200
Plata e Paranà	4000	2000
Hoango	4000	2100
Niger (Gioliba)	4000	1800
Obi.	4000	2100
Lena	3900	2700
Volga.	3200	1666
Mackenzie	3200	1950
Rio Grande del Norte	3000	1600
Eufrate	2900	1100
Murray	2750	850 (1)
Danubio	2650 (2)	1666
Indo.	2500	1560
Orenoco	2500	800 (3)

Un'occhiata di confronto fra l'elenco precedente e quello dei maggiori bacini fluviali che esponemmo qualche pagina addietro ci avverte, che se non tutti, almeno in buona parte, questi maggiori corsi spettano ai bacini di massima estensione territoriale: fatto molto logico ed ovvio.

Limitando poi lo sguardo alla tabella precedente, il raffronto fra le due ultime colonne, ci palesa senz'altri motti quanto diversa è la norma di percorrenza di un fiume prima di raggiungere la sua foce. Anzitutto la linea retta non è mai seguita da un fiume per un tratto alquanto considerevole. Il corso così diritto del Rodano da Lione in giù, abbenchè non perfettamente rettilineo, è pur già per sè stesso un'anomalia. Ancora, si può dire non esistere fiume al mondo, che a furia di svolte e risvolte, di gomiti, di pieghe, non aumenti di una metà il suo cammino. Molti percorrono una strada almeno doppia, altri triplice e quasi quadrupla di quella che sarebbe data dalla semplice e più breve distanza fra la sorgente e la foce. Tipici a questo proposito sono l'Orenoco in America, il Murray in Au-

(1) Dalla sorgente del Murrumbidge.
(2) Strelbitsky; 2780 Wagner.
(3) A titolo di confronto avvertiamo che il fiume Po presenta uno sviluppo di corso eguale a 672 chil. e una distanza rettilinea fra la sorgente e la foce eguale a 420 chilom. Nella fig. 258 abbiamo pure disegnate le lunghezze effettive e le distanze rettilinee fra le sorgenti e le foci per sei tra i fiumi più cospicui raffrontandoli cogli stessi elementi del fiume Po.

Digitized by Google

stralia, il Niger in Africa, fiumi la cui figura disegnata sulla carta rammenta il simbolico serpente che tenta di mordersi la coda. Il fiume che presenta la massima distanza fra la foce e la sorgente è il Nilo, il secondo del globo per sviluppo di corso; nè forse tale distanza fu l'ultima delle cause per cui quel

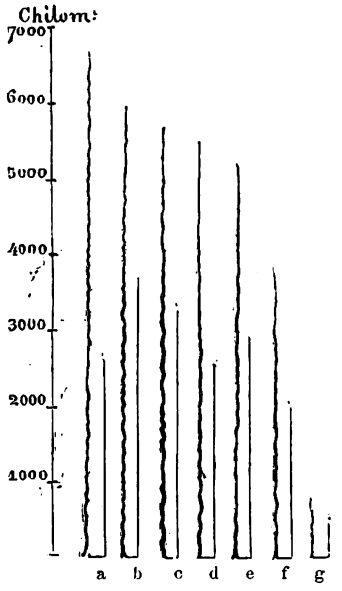


Fig. 258. Lunghezza di alcuni fra i principali fiumi del globo, paragonata con quella del Po.

a. Mississipì-Missurì; *b*, Nilo; *c*, Amazzone; *d*, Jenissei; *e*, Jangcecchiang; *f*, Congo; *g*, Po.

NB. La linea tremolante a sinistra designa lo sviluppo del corso; la retta, a destra, designa la distanza rettilinea fra la sorgente e la foce.

problema geografico che alle sue fonti si riferisce, come fu uno dei primi a sorgere, così fu uno dei più tardi ad esser sciolto, se sciolto si può pur oggidì dire che sia.

Quella linea più o meno ingrossantesi, che nelle carte geografiche in piccola scala ci rappresenta un fiume, ci descrive pressapoco l'andamento generale del suo correre, proiettandone l'imagine in un piano orizzontale e senza intendere allo scopo di rappresentarcene le minute particolarità. Veduta sul terreno, quella linea si decompone in parecchie linee, alcune delle quali rappresentano il *letto* od *alveo* del fiume, le sue *sponde* o *rive*, le varie *pendenze* e molti altri accidenti che accompagnano l'interessante fenomeno idrografico.

La cavità longitudinale o la depressione del suolo entro la quale le acque esercitano il loro moto, dicesi *alveo* o *letto* o anche in qualche caso (specialmente cioè quando sia regolato dalla mano dell'uomo) *canale*. La parte inferiore del letto, quella su cui preme la massa dell'acqua dicesi il *fondo*, e le parti laterali che contengono il liquido nell'alveo, impedendo il suo spandimento esteriore, diconsi *sponde* o *rive*. Lasciando per ora di parlare delle varie specie di sponde, diremo poi che il fondo del letto di un fiume rappresenta un piano inclinato, più o meno irregolare, più o meno contorto, che congiunge la sorgente alla foce. A chi rifletta alla perpetua scorrevolezza dell'acqua, obbediente alla legge di gravità, deve balzare tosto all'occhio l'importanza di questo elemento per comprendere la natura dei fiumi. È per la *pendenza* dei varî corsi d'acqua, che si distingue il selvaggio e ruinoso torrente della montagna dalla tranquilla e maestosa arteria fluviale che porta sulle sue acque le ricchezze e la civiltà, che alimenta i traffici e le industrie, che rende possibile il sorgere e il fiorire di popolose metropoli, laddove, senz'essa, regnerebbe il deserto. La pendenza di un corso d'acqua, come quella di un piano inclinato qualsiasi, si ricava dal rapporto fra la sua *caduta* (cioè il dislivello tra la sorgente e la foce) e la lunghezza del corso, tenendo conto delle risvolte. A mo' d'esempio, accettando, coi più, quale sorgente del Po, la polla d'acqua, che sgorga sul cosiddetto Piano del Re, sul versante settentrionale del Monviso, a 2041^{m} sul mare (1), e quale lunghezza complessiva del corso di tale fiume 672 chilom. (2), la pendenza media del fiume sarebbe di 3^{m} per 1000. Secondo il Wagner, l'altezza della sorgente del Danubio si può ragguagliare ad 800^{m} sul mare, la lunghezza del suo corso a 2780 chilom.: quindi la sua pendenza media risulta appena di 0^{m}29 per chilometro, cioè più di 10 volte minore di quella. Il Mississippì nasce a un'altezza di 512^{m} sul mare e, prima sboccare nel golfo del Messico, corre 3130 chilom. La sua pendenza adunque arriva appena a 0^{m}16 per chilom., cioè è ancora circa 18 volte minore di quella del Po. Invece, se prendiamo uno qualsiasi dei fiumicelli alpini a breve decorso, troveremo pendenze ben altrimenti notevoli. Il Tagliamento (altitudine della sorgente 1200^{m}, lunghezza di corso 166 chilom.) ed il Piave (altitudine della sorgente 2200^{m}, lunghezza di corso 220 chilom.) ad esempio, presentano rispettivamente le pendenze del 7.2 e del 10.0 per 1000, quello 45, questo 62 volte più forte che non la pendenza del Mississippì.

(1) MARTELLI e VACCARONE, *Guida alle Alpi Occidentali del Piemonte*. Torino, 1880. p. 148.

(2) *Ann. stat. ital.*, 1881, p. 33.

Digitized by Google

Però il fiume non conserva lungo il suo corso sempre l'eguale pendenza: essa è massima nel tratto superiore, è minima nell'inferiore, in modo che graficamente potrebbe essere rappresentata pressapoco da una curva parabolica. Così, per es., il Po a Paesana, cioè dopo percorsi soltanto 35 chilom. è già disceso all'altitudine di 540^{m}, il che viene ad assegnare al suo corso superiore l'enorme pendenza del 43 per mille, contro quella modestissima dell'0.85 per mille che spetta al tratto medio e inferiore.

Ecco poi qual'è la pendenza dei varî tronchi del Danubio, secondo il Wagner (1):

	Lunghezza del tronco chilom.	Altezza sul mare metri	Pendenza per mille metri
Sorgenti		800	
	35		0.360
Donaueschingen		675	
	70		0.140
Sigmaringen		562	
	93		0.100
Ulma		468	
	203		0.071
Ratisbona		324	
	153		0.024
Passavia		287	
	326		0.042
Vienna		153	
	55		0.036
Presburgo		133	
	190		0.017
Waitzen		100	
	527		0.006
Belgrado		65	
	215		0.021
Porte di Ferro		23	
	905		0.0025
Mare Nero		0	

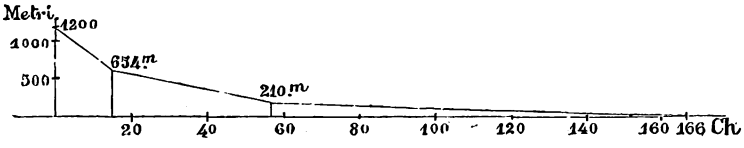


Fig. 259. — Pendenza dei principali tronchi del Tagliamento (Veneto).
Le scale delle altezze (1:100000) è 10 volte maggiore di quella delle lunghezze (1:1 milione).

Finalmente perchè il lettore possa formarsi completa l'idea della cosa, aggiungiamo anche un quadro analogo al precedente e ricavato da nostre ricerche personali intorno al Tagliamento uno dei fiumicelli, ò fiumi torrenti alpini sovraccennati (Fig. 259).

(1) Op. cit., II, p. 559.

	Lungh. del tronco metri	Altezza sul mare metri	Pendenza per mille metri
Sorgente		1200	
	15500		35.2
Ponte a Socrovi (Forni di Sotto)		654	
	41800		10.6
Ospedaletto		210	
	109200		1.9
Mare Adriatico		0	

Queste diversità nelle pendenze spiegano facilmente il regime delle varie correnti diverso un dall'altro, e diverso del pari fra i varî tronchi di uno stesso fiume. Questa seconda diseguaglianza ha ingenerato tra le varie parti di un fiume una distinzione che non è certamente oziosa, ma che è basata sul contegno diverso che il fiume stesso presenta.

Tal è, per es., la divisione fra corso *superiore*, *medio* ed *inferiore* del fiume. Il tronco cosiddetto *superiore*, spettante quasi intero alla montagna è contraddistinto dalla forte pendenza, dal letto roccioso, e sovente incassato in una vallata, della quale costituisce il fondo, dalle grosse alluvioni, dalle piene frequenti e repentine, ma non pericolose, a motivo dell'accennata incassatura, e in generale dal carattere torrentizio della corrente. Il *medio* corso del fiume comincia di consueto alla sua uscita nella pianura o in una regione collinesca e prealpina, e ne sono caratteristiche proprie la diminuita pendenza, le acque più profonde copiose e costanti, il letto più regolare, le sponde sovente terrazzate nelle proprie alluvioni e più discoste che prima non fossero una dall'altra, i depositi di ghiaia e di ciottoli (coni di deiezioni), che ne accompagnano il corso, ovvero che rappresentano appunto l'apparato di sfociamento nella pianura. Ma la pendenza diminuisce ancora, talchè l'acqua lentissima e profonda non ismove se non minute sabbie e anche quelle nelle epoche di piena, il fiume non iscorre più nel fondo d'una valle, anzi talvolta apparisce pensile sulla pianura circostante (cono di *spandimento*),

(1) Una divisione più razionale, ma forse meno popolare del bacino di un fiume è la seguente: 1.° bacino di ricevimento (vedi addietro); 2.° bacino del canale di scolo o sezione montuosa, dove il fiume ha stabilito il suo letto; 3.° bacino del cono di dejezione, che si forma di consueto

Digitized by Google

onde le rare piene diventano più minaccianti e temibili, se la mano dell'uomo non accorre al riparo, il letto si fa più regolare e il filone più contorto, quindi il fiume sovente soltanto per numerosi *meandri* o *serpentine*, s'avvicina alla foce.

Non tutti i fiumi presentano questi tre stadî così spiccati. Alcuni fra essi, dànno luogo ad un decorso del tutto pianigiano. L'Ems, per es., in Germania, percorrendo i 320 chilometri di sua lunghezza, discende soltanto di 108^{m}, chè tale è l'altitudine della sua sorgente. Lo stesso Danubio, il Mississippì e infiniti altri fiumi, non si può dire abbiano un vero corso superiore, colle caratteristiche solite a distinguerlo. Altri invece, come il Fraser nell' America Settentrionale o il Chisil-irmac nell'Asia Minore, conservano in tutta la loro lunghezza il carattere montano, sicchè il nome di corso inferiore ha un valore soltanto altimetrico, ma non, ci si permetta la frase, fisiologico.

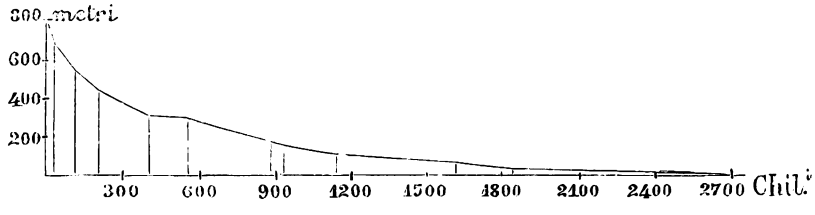


Fig. 260. — Pendenza dei principali tronchi del Danubio.

N.B. La scala delle altezze (1 : 4000) è 750 volte maggiore di quella delle lunghezze (1 : 30 milioni).

Il passaggio dal corso superiore al medio è sovente contrassegnato dalla formazione di bacini lacustri, traverso i quali passano i fiumi. Tali laghi sono assai frequenti nella regione alpina, ond'è che vediamo il Reno traversare il lago di Costanza, il Rodano quello di Ginevra, il Reuss quello dei Quattro Cantoni, il Ticino il lago Maggiore, l'Adda quel di Como, l'Oglio quel d'Iseo, il Sarca quello di Garda, d'onde esce col nome di Mincio, e lo stesso fatto si ripete per alcuni altri fiumi della Svizzera e della Baviera, e pei numerosi fiumi della Svezia. In tali casi l'espansione e la profondità del lago fanno sì ch'esso possa esercitare la preziosa funzione di regolatore del fiume, il cui corso inferiore rimane liberato dalle soverchie torbide e dal pericolo delle piene repentine.

La pendenza nel letto di un fiume non va diminuendo progressivamente dalla sorgente alla foce; anzi talvolta vi sono dei tratti inferiori più inclinati dei superiori, com'è il caso del Danubio, quale risulta dal quadro già esposto (Fig. 260).

Altre volte avviene invece che il letto di un fiume cangi rapidamente di livello (1). Allora si forma nel fiume quel fenomeno che è noto sotto il nome di *rapida*, di *cataratta* o *catadupa*, di *cascata*, di *caduta*.

Le *rapide* (*stromschnelle* dei tedeschi, *rapides* dei francesi, *rapid* degl'inglesi, *porogi* dei russi, *scellal* degli arabi, ecc.) si formano ogni qualvolta avviene che il letto di un fiume aumenti ad un tratto la propria pendenza, in seguito sia a mutata erodibilità del fondo, sia ad un improvviso restringersi delle sponde che accresca la velocità e la forza escavatrice delle acque, sia all'accumulamento di materie importatevi da un affluente o da una frana, e che a monte arrecano una diminuzione nella pendenza, che obliga poi ad un compenso nella maggiore inclinazione a valle. Di consueto il nome di *cataratte* si riserva, almeno in Italia, per le rapide scaglionate, ovvero ingombre da macigni, che le rendono di gran lunga più pericolose ai navigatori.

Numerosissimi sono i fiumi interrotti qua e là da rapide. Celeberrime fra le altre le *raudale* di Atures e di Maipures nell' Orenoco, già descritte dall'Humboldt, tutte disseminate da macigni coperti di bizzarra e lussureggiante vegetazione, ma tali che quella di Maipures, abbenchè non presenti una caduta maggiore di 9^{m}, e il fiume sia largo ivi oltre 2 chilom. e $^{1}/_{2}$, pure non lascia alle barche un canale transitabile largo più di 6 metri. Nei fiumi

all'uscita in pianura; 4.° bacino del cono di spandimento. Vedi UZIELLI. *Alc. osserv.* cit. in *Boll Soc. geogr. ital.* 1883, p. 569.

Il Geikie (*Geology*, pag. 362) adotta questa divisione: 1. Corso in montagna (*mountain track*); — 2. Corso in vallata (*valley track*): — 3. Corso in pianura (*plain track*).

(1) Tale fenomeno può essere talvolta determinato ad arte, sì per trattenere la torbida del fiume, o per derivarne un canale, o per utilizzarne la caduta per iscopo industriale. In tal caso si dà il nome di *sostegno*, *chiusa*, *traversa*, alla sbarra costruita attraverso il fiume e di *pescaia* al tratto di acqua tranquilla formatosi a monte del sostegno.

Le sbarre naturali, origine delle cascate, provengono ordinariamente dal fatto di un cangiamento nella natura del suolo traversato dal fiume. La presenza di una roccia più compatta e meno erodibile, basta a determinarla.

Digitized by Google

americani ed africani tali rapide sono comuni. Così il San Francisco possiede quella di Paulo Affonso, il Paranà ha il *salto* di Maracayu, le Amazzoni quelle del Pongo di Manseriche, i fiumi canadiani sono interrotti essi pure da *sautes*, *rapides* e *dalles*, il Congo, da Brazzaville alla foce, cioè pel decorso di forse 500 chilometri, non possiede meno di 12 o 15 grandi *salti* e *cataratte*, e son troppo notevoli quelle del Nilo perchè non ne diciamo due parole.

Esse si segnalano particolarmente in quei tratti, nei quali il letto del fiume è costituito da massi granitici e limitatamente alla zona interposta fra i 16° e i 24° di latitudine settentrionale, in modo che la prima ed inferiore fra le cateratte trovasi poco lunge da Assuan, la Siene degli antichi. In magra, la caduta delle varie rapide si può considerare di qualche piede per ciascuna, ma allora il fiume deve aprirsi la strada fra numerosi scogli di porfido nero e di granito alti una dozzina di metri e tali che rendono assai pericoloso il tragitto. La prima cateratta (chè si numerano risalendo la corrente) si giudica nell'assieme non meno lunga di 8 chilometri, cioè estesa per tutto l'intervallo che corre fra File e Siene, e nella piena l'acqua ivi precipita con forte rapidità, sì da rendere difficile il maneggio delle barche. Appena a valle della medesima giungono i vapori, d'onde merci e passeggieri devono proseguire o a dorso di camello per terra o per piccole barche, che destramente solcano il fiume.

Dei fiumi europei, noti per le rapide sono specialmente il Reno e il Danubio, il Shannon a monte di Limmerik e sopratutti il Dgnepr. Fra le rapide del Danubio, un tempo eran celebri quelle di Greiner (Greiner-Schwall) a mezza strada fra Linz e Vienna, che formavano due vortici: lo Strudel a monte, il Wirbel a valle e distanti tra loro oltre un chilometro. Adesso l'arte li ridusse a nulla facendo saltare gli scogli che ne erano causa principale o che almeno li rendevano pericolosi.

Le rapide sono pure comuni a molti tra i fiumi russi; ma le più note e importanti fra esse son quelle del Dgneper, e fra queste non tanto quelle di Cremenciug, quanto i *porogi* e i *zabori* (cascatelle minori) che ne traversano il letto appena a valle di Iecaterinoslaf. Il fiume qui discende di 47^m nel percorso di 75 chilom., con una pendenza non molto grande, ma resa pericolosa per la massa d'acqua, per gli scogli e pei gorghi. I porogi, in numero di nove, non hanno già l'aspetto di salti, il che non toglie ch'essi non impediscano la navigazione per lunghi periodi, anzi qualche volta per un anno intero e sempre, per barche discrete, a ritroso del fiume (1).

Oltre alla velocità delle correnti e ai frangenti che affiorano o rimangono appena coperti dalle onde, un fenomeno che accompagna sovente le rapide sono i *vortici* o *gorghi* (*tourbillons*, *strudel*, *wirbel*), cioè quei movimenti circolari prodotti da rimbalzi delle onde e che diventano di consueto pericolosi alle barche.

Più attraenti per gli artisti, ma più dannose alla navigazione e quindi alla diffusione dei commerci e della civiltà sono le cascate, (*fall*, *wasserfall* dei tedeschi, *cascade*, *chute*, *cataracte* dei francesi, *falls*, *waterfalls* degl'inglesi, *cascada*, *salto* degli spagnuoli, ecc.) qualora si gettino a traverso dei grossi fiumi. E abbenchè la regione preferita dalle cascate sia la montuosa, esse non mancano anche nei corsi inferiori dei fiumi e non di rado nei tratti che seguono immediatamente un bacino lacustre, quasi il fiume volesse affrettarsi a compensare colla rapidità della discesa il percorso pressochè orizzontale seguito nel lago. E naturalmente la causa stessa che forma il lago, sovente deve dar origine a una rapida o a un salto, consistendo essa di solito in una sbarra che si oppone al libero deflusso delle acque, onde il ristagno di queste a monte della sbarra medesima e il conseguente forte declivio o ben anche il gradino che forma la scarpa inferiore della sbarra e che il fiume deve vincere o con una rapida o con un salto.

Fra le cascate che si formano a distanza più o meno grande dei laghi, memorabili per la massa d'acqua, son quelle del Reno a Lauffen, presso Sciaffusa, e quella del Niagara nell'America settentrionale, tra i laghi Ontario ed Erie. Un chilometro circa a monte di quella prima, il Reno si restringe di molto fra sponde elevate e rocciose. Quindi, ridotto alla larghezza di soli 100 o 110^m, precipita da 20 a 22^m d'altezza per una serie di salti, così subiti da parere che l'acqua cali in un solo balzo al livello inferiore, e producendo tale fracasso da farsi sentire, a quanto si dice, almeno nella notte, a 13 o 14 chilom. di distanza. L'*O-ni-av-ga-rah*, o il « tuono delle acque », chè con tal nome in lingue scipewali si designa la cascata del Niagara, produce un tale frastuono che si sente talvolta fino a To-

(1) RECLUS, *Nouv. Géogr.*, Vol. V, p. 458.

Digitized by Google

Digitized by Google

Norvegia è il paese classico delle grandi cascate scendenti a picco lungo le muraglie verticali ed elevatissime dei fiord. Così vi son celebrate, fra molte altre il Riucanföss del Telemarc e il Föringföss dell' Hardanger (1), quello elevato non meno di 550 o 600^{m}, questo pure elevatissimo, se si pon mente ai 1750 gradini scavati nella roccia, che bisogna salire per giungere all'orlo superiore della voragine, dov' esso si gitta. Nelle Alpi orientali fra le più belle cascate del mondo vanno il Krimmlerfall (Pinzgau) alta oltre 350^{m}, e lo Staubbach (Fig. 262) nella valle di Lauterbrunnen, in Svizzera, alto 260^{m}. Nei Pirenei è celebre il circo di Gavarnie, dalla cui parete elevata intorno a 400^{m}, scendono, massime in certe epoche dell'anno, innumerevoli cascate, principale la Gave de Pau alta 420^{m} e vantata, forse senza sufficiente ragione, la più elevata cascata d'Europa. In Italia una fra le più

Fig. 262. — Lo Staubbach nella valle di Lauterbrunnen.

elevate è senza dubbio quella del Serio (Fig. 263) sopra Bondione nel Bergamasco. Consta di tre gradinate successive, che, accuratamente misurate, apparvero alte rispettivamente 166, 74 e 75^{m}, nella totalità non meno di 315^{m} (1).

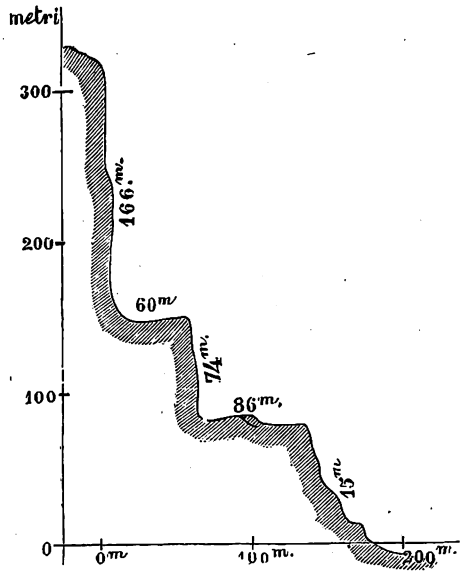


Fig. 263. — Profilo della cascata del Serio sopra Bondione.

Sembra però che la più alta cascata del mondo spetti alla California e precisamente si trovi nella valle Josemite, una fra le più curiose della Sierra Nevada e visitata la prima volta nel 1851. Fra le numerose cascate che precipitano da una parete estollentesi sulla valle circa 900^{m}, ve n'è una, il *Josemite Fall*, che concorre poscia a formare il torrente Merced e che discende da 790^{m} in due riprese, cioè in un primo salto di 456^{m}, col quale raggiunge l'orlo di un precipizio, dove si divide in parecchie cascate, per riunirsi poi in un salto finale di circa 121^{m} (2). Delle altre quattro cascate, che si segnalano ivi, entro il circuito di 1600^{m}, nessuna ha meno di 180^{m} d'altezza.

Oltre agli scavi, ai pozzi (*oules*, *riesenkessel*, *hexentöpfe*, ecc.) più o meno profondi che le cascate producono trapanando la roccia sulla quale scendono, va segnalato il logoramento dell' orlo superiore dello scaglione, dal quale si slanciano. Tale lavorio incessante e diuturno è potentissimo in alcune cascate, per es., in quella stessa del Niagara (Fig. 264), dove gli strati più duri e meno erodibili so-

Per la cascata delle Marmore presso Terni, mentre il Lombardini giudica eccessivo il dato di 230m., offerto da un *tecnico*, la *N.ª Enciclopedia* e dietro ad essa il Bartolomeis (con riserva) e in un luogo il *Dizionario dei Comuni ital.* dell'Amati, le danno 375m.; invece il *Dizion. geogr.* dell'Antonelli e il citato Amati (in altro luogo) stanno per 300 p., cioè circa 100m., il Wagner e il Klöden le danno circa 140m; finalmente il Réclus 165m. A chi credere?

(1) Riant, *Viaggio negli Stati scandinavi*, in *Giro del mondo*, Vol. I, 1863-64, p. 182 e 201.

(1) Milesi *Le cascate del Serio* ecc. in *Bollettino del Club alp. ital.* 1880, p. 473. Secondo il Sonklar (*Allgem. Orographie*) la cascata di Verpeil nella valle di Kauner in Tirolo scenderebbe ben 700^{m} in 8 salti successivi e assai prossimi l'un l'altro.

(2) V. *Rivista Alpina italiana*, vol. II, 1883, pag. 8.

Digitized by Google

vrastanno ai più molli, i quali disfacendosi producono la rovina dei superiori, epperciò un notevole ritiro dell'orlo della caduta che, secondo gli uni, arriva ad un piede, secondo altri ad un metro all'anno. I calcoli del Lyell (1) portano, in proposito, che la cascata 35000 anni addietro, si trovava di 5 chilom. e $^1/_2$ più vicina al lago Ontario che oggi non sia, onde si può prevedere l'epoca in cui retrocedendo essa raggiungerà il lago Eriè e quindi ridotto il limite inferiore di questo ad una sbarra esile e debole, l'acqua del lago avrà modo di caricarsi in parte considerevole e forse in modo improvviso. I successivi pozzi e gli stessi successivi scaglioni di varie cascate, non hanno altra origine.

Dicemmo che la pendenza è il primo elemento per fissare la velocità di una corrente, a determinare la quale però concorre la massa d'acqua, la forma del letto ed altri elementi. Di consueto si qualifica come *debole* una velocità pari o di poco superiore a $^1/_2$ metro al secondo, *forte* quella che raggiunge e oltrepassa 1^m e $^1/_2$ al secondo, *violenta* allorchè sta fra i 2^m e i 5^m, al di là del quale limite la si giudica *impetuosa*. Il corso inferiore del Po e della maggior parte dei fiumi lito-

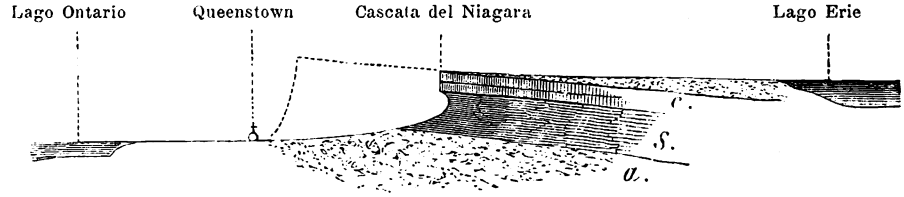


Fig. 264 — Retrocessione della cascata del Niagara.
NB. c = calcare duro del Niagara; s = scisti molli del Niagara; a = arenarie molli.

rali presenta una debole velocità; mentre i suoi affluenti, per es. l'Adda e il Ticino, anche nel tratto posteriore all'uscita dei rispettivi laghi, presentano delle velocità massime anche di 4 e di 5^m al secondo. Il Danubio presso Ulma presenta una velocità media di 2^m2 circa, a Passavia, di 1^m7; la Senna a Parigi, quella di 0^m5; il Rodano presso Avignone di 2^m; il Nilo e il Gange di circa 1^m54, nel loro corso inferiore, il Naviglio Grande di Milano una massima velocità di 2^m6. La maggior parte dei torrenti alpini presentano velocità di 8, 10 e talvolta anche 15^m al secondo: quella del cavallo al forte galoppo o del treno ferroviario.

La velocità di un corso d'acqua come varia colla quantità d'acqua, così non è eguale nelle varie parti del letto. L'attrito contro le sponde e contro il fondo ritarda il movimento delle molecole acquee, per cui la massima velocità si manifesta lungo il filone, cioè lungo la linea di massima distanza dalle cause dell'attrito stesso (2). La velocità orizzontale lungo questa linea essendo maggiore, maggiormente coopera a scemare l'azione della gravità, onde la forma convessa che presenta la massa d'acqua fluitata da un fiume, specialmente se in tempo di piena. Invece allorchè il fiume comincia a decrescere non di rado avviene che la sua superficie si presenti concava.

La massa d'acqua che passa in un determinato tempo (che per convenzione è fissato ad un minuto secondo) per una data sezione trasversale di un fiume dicesi *portata* (*débit*, *wassermenge*, *discarge*). Essa è eguale al prodotto di quella sezione moltiplicato per la velocità che il fiume ha in quel medesimo punto. Ciò indica da sè quanto varia debba essere la portata dei varî fiumi, quella medesima di un fiume a seconda della sezione che si considera, anzi quella stessa di una medesima sezione dello stesso fiume in varie epoche o in varie condizioni di piena o di magra.

Fra le portate medie più considerevoli si segnalano quelle dell'Amazzoni (70000 metri cubi al secondo), del Congo (51000^{mc}? al secondo), del Jangcechiang (22000^{mc} al secondo), della Plata (19800^{mc} al secondo), del Mississippì (17500^{cm} al secondo), del San Lorenzo (10000^{mc} al secondo). Veramente quelle prime sono dedotte da stime provvisorie e quindi giova accettarne i valori con grande riserbo. Uno dei fiumi europei a portata più grande è il Danubio, pel quale essa non si

(1) *Principles of geol.*, I.° 358 — Geikie, *Geolog.*, pag. 378. La cascata di S. Antonio presenta una retrocessione annua oscillante fra 1 e 2^m all'anno tale cioè che dal 1680, anno in cui fu scoperta, ad oggi, essa è rinculata di circa 276^m (907 p. ingl.).

(2) La *velocità media* della corrente in un dato istante corrisponde suppergiù a $\frac{4}{5}$ della velocità della superficie ed è doppia di quella del fondo.

Digitized by Google

reputa inferiore a 9000^{mc} al secondo (Réclus) e ad 8500^{mc} presso la foce (Mellard Reade). Quella del Rodano si calcola a 2602^{mc}, quella del Reno a 1974^{mc}, quella della Senna appena a 500^{mc} al secondo. La portata dei maggiori fiumi italiani si valuta come segue (1).

	Bacino chil. quad.	Lung. del corso	Portata (m. c. al minuto secondo) minima	media	mas.
Po	69382	672	214	1720	7000
Adige	12200	410	100	220	2500
Tevere	16721	393	160	267	4500
Arno	8444	248	15	100	2000

Dal precedente prospetto si ricava facilmente che in linea generale la portata di un fiume è in relazione piuttosto colla estensione superficiale del suo bacino che non collo sviluppo del corso. Questa regola però non si verifica sempre, nè nella stessa misura. A mo' d'esempio una notevolissima eccezione ad essa, vien fornita dal Nilo, per lunghezza il secondo, per estensione di bacino il terzo o quarto fiume del mondo, e per portata media (3680 o 3430^{mc}) inferiore di gran lunga al Danubio e tale da meritarsi (anche limitando la considerazione ai fiumi di portata nota) appena il 17mo posto. A parità di bacino e di precipitazione acquea è certo del resto che la maggiore lunghezza di un corso d'acqua agisce nel senso di diminuirne la portata, sì perchè ne diminuisce la pendenza, come anche perchè ne aumenta le cause di dispersione per evaporazione o per assorbimento del liquido.

Però un altro elemento ha altresì un' importanza capitale nel determinare la portata di un fiume, ed è la quantità di pioggia o di neve che cade nel suo bacino. Il valore di questo elemento si palesa tosto, qualora si seguano con una certa attenzione e per un certo tempo le oscillazioni, che avvengono nella portata dei fiumi, dacchè esse hanno luogo in perfetta correlazione coi periodi di pioggia dei bacini superiormente al punto dove si determina la portata. Da ciò una variazione secondo le stagioni ed anche secondo periodi annui più lunghi. Quanto alle oscillazioni che si svolgono entro il periodo di un anno, esse sono una cosa troppo nota perchè dobbiamo trattenervici a lungo. Nell'Italia settentrionale, dove abbiamo di consueto due massimi di pioggia in ottobre e in giugno, si segnalano pure in quei due mesi le massime portate dei fiumi. Quanto a periodi più lunghi, accenneremo solo ad un esempio, a quello cioè offerto dalla portata del Tevere, che, calcolata in media definitiva pari a 267^{mc} al secondo, potè variare da un anno all'altro fra le medie di 195 (nell'asciuttissimo anno 1834) e di 419^{mc} (nel piovoso 1845), a seconda della quantità di pioggia caduta nel suo bacino, come lo mostrarono gli studi del Venturoli, del Cavalieri e del Betocchi (1). Dagli studî del quale ultimo noi costruimmo la figura che segue, (Fig. 264) e ch'è destinata a rendere evidente la corrispondenza esistente fra la precipitazione acquea di ogni anno colla media portata del Tevere a Roma nell'anno medesimo.

Vi sono peraltro dei fiumi, la portata dei quali si altera di pochissimo da periodo a periodo. Si manifesta essa più uniforme nei grandi fiumi i cui maggiori tributarî traversano bacini lacustri, che fungono da regolatori (come avviene pel San Lorenzo), ovvero che, per la loro postura (e ci accontentiamo di citare fra questi l'Amazzone) alternano il periodo della piovosità. Del pari avviene bene spesso che l'aumento nella portata di un fiume si manifesti in notevole ritardo rispetto al periodo piovoso, com' è il caso del Nilo. Tra siffatti fiumi, il tributo dei quali subisce piccola variazione, vanno notati in prima linea il Mississippì, pel quale la portata massima (35000^{mc}) è appena doppia della portata media (17500^{mc}) e quadrupla della minima (8500^{mc}), e il Jancechiang, dove i tre dati presentano rispettivamente i seguenti valori approssimativi: 35800, 21650 e 13000^{mc} al secondo. Pei fiumi italiani, da noi sopraccennati, vediamo delle differenze ben altrimenti notevoli. La portata del Po in piena è quadrupla della portata media e 32 volte maggiore che non in magra. Quella dell'Arno in piena è 20 volte maggiore della media e 133 volte maggiore che non nella magra. Peggio avviene della Loira la cui portata ad Orleans varia da 10000 in piena, a 25 ^{mc} in magra, presentando una media di 132^{mc}; onde avviene che la Loira in piena fluita una massa d'acqua 76 volte maggiore che non nei tempi ordinarî e 400 volte maggiore che non nella magra. Invece lo stesso Nilo, ad onta delle famose inondazioni, nella piena (13400^{mc}) non convoglia più del quadruplo d'acqua che nella media (3426^{mc}) nè più di 38 volte quanta ne convoglia nella magra (350^{mc}).

Va da sè che non tutta l'acqua che cade in un dato bacino finisce collo scorrere nel

(1) *Annuario stat. ital., Anno* 1881, pag. 46 e seg.

(1) *Monografia della Città di Roma e della campagna*, Vol. I°, Roma, Elzev. 1881, pag. 198 e seg.

Digitized by Google

fiume, che ne forma lo scaricatore. Una parte di essa vien trattenuta dalle piante, un' altra vien assorbita dal terreno e scende negli strati inferiori e forse al mare per meati sotterranei, un' ultima porzione finalmente scompare per evaporazione. Aggiungasi ancora la dispersione prodotta dall'uso dell'acqua pei bisogni della vita, per la industria, per l'irrigazione. Talvolta la dispersione prodotta da quest'ultima causa arriva a tal punto da asciugare completamente o per lo meno da impoverire in modo notevole i corsi inferiori dei fiumi, com'è il caso, non soltanto di molte fra le minori correnti europee, ma, a mo' d'esempio, dell'Amu Daria, il cui ampio letto in estate è quasi a secco nelle vicinanze del lago d'Aral a motivo delle irrigazioni praticate nel suo corso superiore e rinnovate su scala ancor più vasta nella oási di Chiva. Ancora dapprincipio del secolo, il Dalton calcolava che soltanto i $^{9}/_{25}$ della quantità d'acqua che cade sotto varie forme sul suolo inglese, tornasse al mare pel tramite dei fiumi, e il Dausse calcola parimente che la dispersione delle acque, prodotta specialmente dalla evaporazione, nel bacino della Senna salga al 66

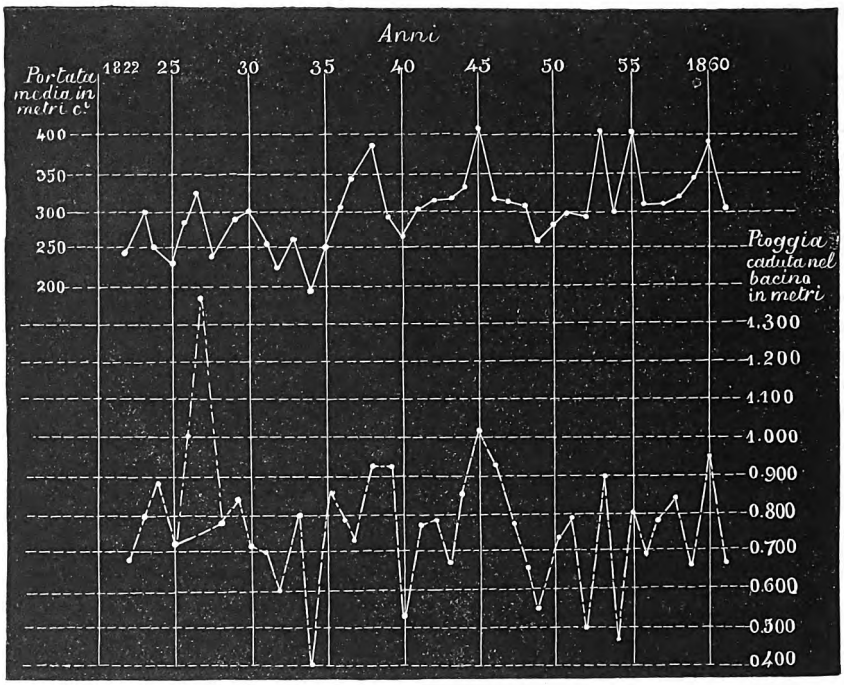


Fig. 264. — Portata del Tevere a Roma confrontata colla quantità di pioggia caduta nel suo bacino nel quarantennio 1822-1861.

e in quello del Mississippì al 75 e forse all'80 per cento della precipitazione avvenuta. Pel Tevere pare che il rapporto sia diverso; poichè pel quarantennio 1822-1861, la quantità d'acqua dispersa sarebbe soltanto il 25 per cento di quella caduta. Siccome però i dati udometrici di quel periodo non sono molto attendibili, così a questo rapporto noi possiamo attribuire soltanto un valore d'approssimazione. D'altronde giova riconoscere come la natura del suolo, l'esistenza di scoli sotterranei (e, realmente i più reputati idraulici li ammettono copiosi nel bacino del Tevere), le condizioni di vegetazione e di clima, possono esercitare una notevolissima azione nel determinare il rapporto fra la precipitazione acquea e la portata dei diversi fiumi.

Ad onta delle varie dispersioni, è indiscusso che la massa di acqua diuturnamente fluitata dalle varie correnti verso l'oceano, è addirittura enorme. Noi conosciamo tre dati finora offerti ad esprimere la quantità d'acqua che continuamente scende dall' assieme dei fiumi del globo all'oceano. Il Keith Johnston non la reputa inferiore a 175 miliardi, il Metcalfe a 135 miliardi e finalmente il Réclus a 95 miliardi di metri cubi al giorno. La differenza, per vero dire, non è trascurabile; ma dipende, ed è facile capirlo, dalla insuf-

Digitized by Google

ficienza di sicuri dati di fatto riguardanti il curioso problema. È singolare che avendo noi ritentato il còmputo, partendo dagli stessi criterî seguiti dal Réclus, ma riserbandoci la massima libertà nella scelta degli elementi del calcolo stesso, avemmo per risultato un tributo complessivo di 98 miliardi di metri cubi d'acqua al giorno, cioè un dato ben prossimo al suo. Data quindi all'acqua contenuta negli oceani una cubatura di 1 miliardo e $^1/_2$ di chilometri cubi (1), e supposto che adesso si vuotassero completamente i mari, dovrebbero scorrere almeno 42 mille anni perchè col solo tributo dei fiumi l'oceano riprendesse l'attuale livello.

Una massa così enorme di liquido che scorre senza tregua sulla superficie del globo sviluppa necessariamente una forza colossale. Anche in questo caso una parte considerevole di tale forza viene distratta dai suoi naturali obiettivi ed utilizzata dall'uomo; ma quanto rimane produce diuturnamente ragguardevoli e in qualche caso addirittura spaventevoli effetti.

La forza, che l'acqua in movimento possiede, dipende dalla portata, dalla velocità, dalla pendenza; ma in parte anche dal peso specifico proprio dell'acqua e quindi dalla sua maggiore o minore purezza. Anzitutto l'acqua dei fiumi chimicamente non è mai pura. Oltre ad una certa quantità di gas, ossigeno, azoto, anidride carbonica, ordinariamente le analisi chimiche nelle acque dei fiumi riscontrano dei carbonati di calce, di magnesia e di sodio, dei solfati di calce e di magnesia, dei cloruri di sodio e di magnesia, del nitrato di calcio, traccie di altri minerali e delle sostanze organiche. Nel totale però quantità assai modeste. Così, ad esempio, il Tevere (a Roma) dà circa $^1/_2$ grammo, il Tamigi circa 0.32, la Vistola circa 0.25 (in marzo), il Danubio e il Bacchiglione circa 0.23, il Reno a Basilea e il Brenta sopra Padova circa 0.17 grammi di residui solidi delle varie sostanze disciolte in un litro d'acqua (2). Per estrema povertà di sali così disciolti è notevole l'acqua della Dorne (Ardèche), che si suole giudicare paragonabile all'acqua distillata. Fra le sostanze sovraccennate quella che di solito si trova più abbondante è il carbonato di calce; il quale spesso da solo ammonta alla metà delle varie sostanze minerali sciolte e in qualche fiume (Aar, Senna, Danubio, Rodano) arriva a rappresentarvi il 75, l'80 e anche il 90 per 100.

Per quanto piccola sia la quantità di materiale così disciolto nell'acqua dei fiumi, nel tributo complessivo e diuturno ch'essi apportano al mare diventa considerevolissima. Presi ad esame alcuni fiumi soltanto, come il Reno, il Danubio, l'Elba e il Rodano, si potè calcolare, che il materiale da essi così trasportato, raccolto pel decorso di 8000 anni, verrebbe a ragguagliare il peso totale dell'acqua ch' essi convogliano nello spazio di un anno!

Oltre che sul peso specifico, sulla capacità solvente e sulla potabilità, le sostanze disciolte nelle acque dei fiumi esercitano, e lo vedemmo, una notevole azione sul colore e sulla trasparenza delle acque medesime. I numerosi qualificativi dei fiumi che esprimono tinte o colori, sono una sicura testimonianza degli effetti varî, così prodotti. Il colore biancastro dei fiumi provenienti da regioni calcari, come la Saale, l'Isar, il Lech, ed altri affluenti alpini del Danubio; il colore smeraldo del Traun, del Rodano dopo il lago di Ginevra e del Mincio, all'uscita del lago di Garda, il color giallastro del « biondo Tebro », il « fiume di rame » dei geografi arabi (1), il color rossastro del Tarn nella Francia meridionale e di un rio presso Joppe in Palestina, il color bruno del Cassiquiare, dell'Orenoco e di altri fiumi dell'America Equatoriale, son fatti noti. Tuttavia i colori dei fiumi non sono sempre nè esclusivamente dovuti alle sostanze ch'essi trasportano disciolte nelle loro acque; ma sì, e più ancora, che a quelle, al materiale, che convogliano in sospensione.

La pendenza del fondo e la conseguente velocità della corrente fan sì che l'acqua possa smovere, trascinare, rotolare, e talvolta addirittura trasportare una certa quantità di materie solide varie di volume e di massa. È incredibile la potenza di traslazione, che talvolta possiedono i torrenti della montagna. Massi granitici di 50, 60, 100 e, a quanto si asserisce, persino 130^{mc}, cioè tali da pesare fino a 200 o 250 tonnellate, in una sola piena, si spostano talvolta da monte a valle per ispazî ragguardevoli. Lo scroscio, così formidabile nelle piene, dei torrenti della montagna è in prima linea prodotto dall'urto

(1) Vedi a pag. 290 dell'opera.

(2) *Monografia di Roma* cit., pag. 262; — Cannizzaro, *Analisi di alcune acque di Padova*, Roma, Salviucci, 1881, Tavole; — Klöden, *Handb. der Erdk.*, pag. 546.

(1) Amari, *Il libro di De Ruggero*, in *Boll. della Soc. Geogr. ital.*, VII, 1872, pag. 22; — Id. e Schiaparelli C., *L'Italia descritta nel « Libro del re Ruggero »*, Roma, Salviucci, 1883, pag. 87.

Digitized by Google

dei grandi macigni spinti un contro l'altro. Anzi è a questo lavoro di arietamento che si deve la riduzione dei maggiori massi in frammenti, onde la formazione dei ciottoli, com'è in gran parte alla loro incessante confricazione che si deve la formazione delle sabbie, talvolta finissime, generate dai torrenti. Naturalmente per ismovere massi di notevoli dimensioni sono necessarie quelle rilevanti velocità di 10, 12 od anche 15^m al secondo che già notammo, abbastanza comuni quelle due prime, non eccezionale quest' ultima, nei più rapaci torrenti alpini. Allorchè il fiume presenta una velocità minore di 5^m smove soltanto dei grossi ciottoli; colla velocità di poco inferiore a 1^m al secondo, depone i ciottoli delle dimensioni di un uovo di gallina; con quella di $^1/_2$ metro depone i sassi grossi come nocciuole; con quella di 0^m30 depone la sabbia grossolana; ridotto a 0^m20, depone anche la sabbia fina; da ultimo, ridotto alla lievissima velocità di soli 0^m12 al secondo, depone il fango e finalmente anche la terra vegetale.

Ora l'effetto meccanico dell'acqua aumenta in ragione del peso specifico dell'acqua stessa, sì perchè ne guadagna la forza dell'urto, sia perchè è maggiore la perdita del proprio peso nel corpo che vi si trova immerso. Oltre di ciò l'acqua carica di materiale in sospensione può diventare a volta a volta ariete, martello e lima, e nell'ultima funzione non si dimostra meno attiva ed efficace.

Uno tra i primi fenomeni provenienti dalla potenza delle acque si manifesta nella formazione di quei *talus* o *ventagli* o *coni* o *conoidi di deiezione* (1), dei quali disseminano tutte le vallate della montagna e sovente i loro sbocchi nel piano. Ogni talus, anzi si può dire ogni rugo alpino, mostra a chiare note la propria genesi, che consta di due fasi diverse: la *erosione* in alto, la *deiezione* in basso. « Mons cadens defluit, et saxum transfertur de loco suo; lapides excavant aquae et alluvione paullatim terra consumitur », è un detto biblico (2) che calza perfettamente al caso nostro. Chi ha posto mente a quanto, dopo una pioggia dirotta, avviene in piccole proporzioni lungo una strada di fresco costruita, può farsi agevolmente un' idea del

(1) *Cônes* o *nappes d'éboulement*, o *talus d'entraînement* dei francesi; *sturzkegel, sturz, trummerhalde, schuttkegel, schwemmkegel* dei tedeschi; *pile* o *cone of detritus* degl'inglesi.

(2) GIOBBE, XIV. 18, 19.

come si formino questi talus. La pioggia comincia dallo scavarsi un piccolo solco, da cui scola lungo la scarpa della strada; ma nello scolare trasporta seco sospesi, dapprima la fanghiglia più fina, poi a mano a mano che la propria portata aumenta, la sabbia e i ciottoletti che incontra. Così aumenta la sua forza erosiva, mentre il suolo, impregnato d'acqua, diventa più facilmente disgregabile. Quindi il solco diventa una vera frana, ai cui piedi è andato a raccogliersi il materiale in tal guisa asportato, distribuendosi per grossezza a norma della forza del rigagnolo che lo trasportava. Se, dopo la pioggia, si ponga ancora mente all'aspetto che presentano l'orlo e la scarpa della strada, si trova quello interrotto da numerose tacche a forma di V diritto, al cui vertice va inferiormente unito un rilievo pure a forma di Λ, ma stavolta rovescio; onde una figura complessiva di X. Nella montagna questo fenomeno della formazione dei talus è frequente e presenta dimensioni assai varie. In molte vallate anzi,

Fig. 265. — Un talus di deiezione.

i talus, più o meno antichi (Fig. 265) costituiscono quasi esclusivamente la regione nella quale si trovano posati i villaggi e appariscono distese le poche campagne coltivate, dacchè la loro pendenza, specialmente nel tratto medio e inferiore, è sempre meno aspra di quella dei pendii delle montagne, quali risultano dal semplice sollevamento. Il talus calcare dei Rivoli Bianchi che fluisce nel Tagliamento a sud di Venzone e che è pur sempre in aumento, ha il suo vertice a 390 e finisce a circa 220^m sul mare con una fronte larga complessivamente quasi 1700^m. Siccome questa fronte dista dal vertice circa 1600 o 1700^m, la sua pendenza media si può stimare non inferiore al 10 per 100. A qualche chilometro da esso, alquanto più a sud sopra un talus

Digitized by Google

più antico e in gran parte già assodato, ma ancora più vasto del precedente (cioè avente una fronte sviluppata per 3500^{m}) sorge Gemona una fra le più vecchie borgate del Friuli. Nella valle dell'Adige si cita fra gli altri come assai notevole il talus della val della Litz (Litznerthal), la cui fronte è sviluppata per ben 8 chilom., la distanza fra la base ed il vertice non inferiore a 3800^{m}, il dislivello fra questi due punti pari a 316^{m}. Gli spetta dunque una pendenza eguale circa all'8 per cento. La cubatura di tutta questa massa di trasporto non si valuta a meno di 12 miliardi di metri cubi (1).

Da questi talus differiscono quegli ammassi, pur essi talvolta conici, che si formano in seguito ad una *lavina* o *frana* improvvisa e repentina, fenomeno tremendo e desolatore. Non c'è, si può dire, vallata, non c'è regione montuosa che non abbia dovuto segnare nella sua cronaca qualcuno di tali disastri, che non possa tuttora additare al viaggiatore dei vasti tratti dove un pandemonio di macigni accumulati, sospesi, addossati l'un l'altro nei modi più bizzarri, tali da rammentare una delle favolose lotte dei Titani contro Giove, non additino il luogo dove un tempo sorgevano prosperi villaggi, fertili campagne sepolte adesso sotto quell'aspro e triste lenzuolo. Il *Chaos* (2) di Gavarnie nei Pirenei, il *clapier* di Saint-Christophe-en-Oisans nelle Alpi della Provenza, gli *slavini* di Marco in val d'Adige, prodotti da

> . . . . . quella ruina, che nel fianco
> Di quà da Trento l'Adige percosse,
> O per tremoto, o per sostegno manco (3);

la frana di Fadalto sopra Vittorio, e presso il lago di Santa-Croce nel Veneto, sarebbero alcuni fra gl'innumerevoli fenomeni di tal fatta. Altri lasciarono ben più triste ricordo di loro. Così gli *Abîmes-de-Myans*, presso Chambéry, segnano il luogo dove nel 1248 una frana crollata dal monte Granier seppelliva la borgata

(1) RÉCLUS, *La Terre*, I. pag. 400. Realmente molte pianure si possono considerare come il complesso di altrettanti coni di dejezione molto allungati ed allargati, in modo che la loro pendenza è ridotta pressochè insensibile. Di conoidi vastissime e oltremodo dolci, si hanno numerosi esempi. Citiamo soltanto quella di Wiener-Neustadt, larga alla base 35 chil. e inclinata appena dell'1 per 100 nei punti di massima pendenza; e quella del Meduna e Cellina a tramontana di Pordenone in Friuli, larga alla base 14 chil., alta 16 chil., e pendente in alto circa l' 1.50 e in basso appena 0.75 per 100.

(2) *Casses. lapiaz. claps, clapes, clapiers, karrenfelde*, si chiamano i terreni così coperti da sassi.

(3) DANTE, *Inferno*, XII, v. 4-6.

di Saint-André e tre altri villaggi; così il monte Conto presso Chiavenna, precipitando la notte del 4 settembre 1618, seppelliva la cittaduzza di Conto, arrecando la morte di 2430 abitanti; così a 21 aprile 1814 una frana discesa dall'Antelao coperse completamente i due villaggi di Marceana e Tavolen in val di Boite coll'esizio di oltre a 300 abitanti e distruggendo più che due chilometri in larghezza e quasi altrettanto in lunghezza di terreno coltivato; così il bel lago d'Alleghe, sopra Agordo, pure nel Bellunese, ebbe origine da una frana precipitata dal monte Spitz nell'aprile del 1771 e che travolse nella sua ruina i tre villaggi di Ariete, Fucine e Merin (1). Analoga alla precedente, ma assai meno nota fu la ruina di Borta nella Carnia, prodotta la notte del 15 agosto del 1692 per uno scoscendimento del monte Uda. Il monte sorge sulla riva destra dell'alto Tagliamento, mentre il villaggio era posto sopra un elevato ripiano della riva sinistra. La frana scesa attraversò la valle, ne colmò il fondo sbarrando il corso alle acque e dando origine alla formazione di un lago, e percosse con tanta veemenza l'opposto fianco da distruggere o da seppellire il villaggio colla morte di 53 persone. Un perito inviato sul luogo nel settembre di quello stesso anno trovava il lago profondo forse 130^{m} (80 passi) e lungo a monte da 10 ad 11 chilom. (passi 6000), valori forse alquanto, ma non di molto, esagerati. Certo è che tale massa acquea trattenuta da una materia non molto coerente come doveva essere quella che costituiva la sbarra, esercitava sovr' essa una formidabile pressione, che nell' ottobre del medesimo anno ebbe l'effetto di produrre una improvvisa e violenta rottura, per la quale traboccando le acque del Tagliamento crearono nel medio Friuli il nuovo fenomeno di una desolante inondazione senza caduta precedente di pioggie. Il lago quindi andò scemando di anno in anno, ma non scomparve del tutto se non ai primordi di questo secolo (2).

A dir vero molti di questi scoscendimenti, più che essere frane propriamente dette, prodotte da erosione superficiale, sono l'effetto del rammollimento, della erosione, o anche talvolta dello schiacciamento del sottostrato di una grande falda di montagna, i cui strati sieno molto inclinati e paralleli al pendìo della mon-

(1) CATULLO, *Trattato di geognosia*, Padova. Zambeccari. 1844, pag. 116 e seg.

(2) ANT. LAZZ. MORO. *Dei Crostacei, libri due, compend. da P. Viviano Zecchini*, Pordenone. Gatti, 1869.

Digitized by Google

tagna stessa. Se l'erosione riesce a scavare le basi di una serie di tali strati così sovrapposti a dei terreni soggetti a spappolamento, basta talvolta una serie di pioggie dirotte, un urto sismico, insomma una causa qualunque a ingenerare uno scorrimento dei piani superiori sugl'inferiori, e quindi una ruina del genere di quelle accennate.

Ancora molte frane non presentano una vita precaria e breve; ma proseguono per secoli a dare un tributo più o meno regolare, ma sempre rinnovantesi ad ogni pioggia. È questo un genere di frane qualche volta anche pericolose, sempre poi dannose alla economia umana e ai mezzi di comunicazione, come quelle che irresistibilmente invadono campi, strade, obliterano viadotti e ponti, sbarrano il corso dei fiumi. Per far comprendere la loro potenza, accenneremo soltanto ad un fatto a noi personalmente noto. Nella costruzione della ferrovia da Udine a Pontebba, per evitare i danni prodotti dall'eventuale inghiaiamento di quel talus dei Rivoli Bianchi cui accennammo e al cui piede passa la linea ferroviaria, si deciso di costruirvi sopra un ampio viadotto, lungo non meno di 783^m e costituito da 53 archi elevati da 8 a 12^m sul fondo ghiaioso. Il lavoro venne compiuto nel 1876. Ebbene: non son passati 8 anni da quell'epoca e già la maggior parte delle luci di quelle arcate sono chiuse dalla ghiaia e saranno senza dubbio necessarî dei lavori radicali per vincere o per rendere meno nociva la pertinacia del mobile elemento.

Una forma di tali frane, rinnovantesi perpetuamente, è quella dei *torrenti di fango* (*nants sauvages*, *coulées de boue* dei francesi, *schlammströme* dei tedeschi), nei quali l'agente reale è sempre l'acqua; ma essa non apparisce, mescolata, com'è, col terreno, in modo da costituire con esso una pasta disgregata e mobile, che subisce la legge della gravità e quindi discende lenta, ma continua ed irresistibile, coprendo, o ruinando, o travolgendo nel proprio moto massi di varia dimensione o in genere qualsiasi ostacolo incontri sul proprio cammino. Tali correnti di limo e di ghiaia si formano di consueto soltanto in seguito a pioggie dirotte od ostinate, e preferiscono le regioni dove predominano gli schisti argillosi, il cui color bruno dà ragione dei nomi di *laves* e di *nantes noirs*, coi quali esse vengono designate dagli abitanti del Delfinato e dell'alta Savoja. Pericolosissime sempre sì alle persone, che fidandosi della calma apparenza si arrischiano a transitarle, come dannose ai manufatti o alle campagne che incontrano, queste colate assumendo proporzioni colossali furono talvolta causa di veri disastri, come, ad esempio, quella che nel 1795 discese dal Righi sopra Weggis, con esizio di oltre una trentina di case. Più innocua, ma rinnovantesi sempre, è la *musa* o *muèe* (chè così le chiamano nella montagna friulana) del Moscardo, nell'alto bacino del But affluente del Tagliamento, diventata oggetto di leggende paurose e fantastiche.

Ma, anche se si prescinda da questi fenomeni non veramente comunissimi nel regime delle acque correnti; altri ve ne sono che palesano la loro potenza erosiva e la loro forza di trasporto. Basta riflettere ai letti che moltissimi torrenti si scavano incassandoli profondamente nella roccia talfiata compatta e durissima, per avere un' alta idea della erosione dei fiumi. Nei terreni molli e disgregati l'azione può apparire rilevante in brevissimo tempo, talchè basta anche in qualche caso una sola piena a scavare un letto notevole, come ad esempio, quello profondo 7 metri e mezzo, formatosi nel 1828 in tre giorni soltanto fra il materiale vulcanico disgregato del Vesuvio. Molto più numerosi son gli esempi di letti vasti e profondi scavati in periodi di qualche anno, com'è il caso per esempio di una vallettina presso Milledgeville nella Georgia — Stati Uniti —, rammentata dal Lyell. Il diboscamento di un terreno argilloso in soli 20 anni creò di nuovo una forra profonda 18, larga da 6 a 55 e lunga 274^m. Nei terreni più compatti naturalmente il tempo necessario per scavare un letto profondo è maggiore. Così si cita il Caltabianco, un torrente che scende dall'Etna e che corre sulla lava dell'anno 396 av. Cr., nè nei 22 secoli trascorsi da quell'epoca potè approfondare il suo letto per più di 4^m e $^1/_2$. Ciò in parte proviene dal suo lieve pendìo. Difatti il Simeto seppe in soli 260 anni scavare nella lava compatta del 1603, un letto profondo da 12 a 15 metri.

Molti dei nostri torrenti alpini scorrono in forre profondissime, ancora non paragonabili ai *barrancos* messicani e ai *cañons* degli Stati Uniti. Tuttavia allorchè si trovano scavi così inabissati, non si può sempre ritenere ch'essi sieno unicamente il prodotto dell'erosione fluviale. Benespesso la vallata originariamente rappresenta una rottura o un salto degli strati geologici e allora la funzione della corrente non fece che agevolare

Digitized by Google

l'azione già prodotta da altre cause (1). La perfetta corrispondenza dei varî terreni sulle due sponde palesa in tali casi che la erosione fluviale fu esclusiva o per lo meno predominante.

La celebre via Mala trovasi sospesa a metà di una forra profonda nell'assieme forse 500^{m}, nella cui parte più depressa, fra pareti di roccia logorate incessantemente dall'acqua, scorre romoreggiante il Reno. La vallata è così ristretta che un unico arco di pietra, sospeso a ben 130^{m} sul pelo dall'acqua, riesce a congiungerne i due ripidissimi fianchi. Ma nè questo, nè altri esempi di forre alpine, come quella di Ragaz alta da 200 a 250^{m} e

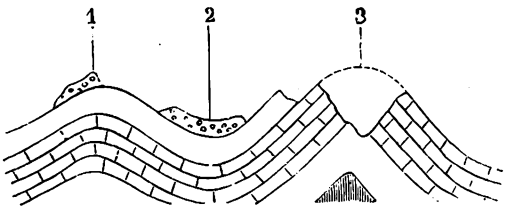


Fig. 266. — Pieghe negli strati terrestri. 1, cresta anticlinale; 2, vallata sinclinale; 3, vallata o vallone.

quella di Trient nel Vallese alta 100^{m} o quella del Liechtenstein, tributario della Salzach, elevata circa 300^{m}, e larghe tutte da 3 a 4 o pochi più metri, nè quelli che si segnalarono per molte fra le vallettine dell'Imálaia, tributarie del corso superiore dell'Indo, del Gange e del Setlege, veri barranchi ristrettissimi ed elevati 500, 600 ed anche 900^{m}, si possono ancora paragonare a quelli offerti dai colossali cañons dell'America settentrionale.

Forse difficilmente si poteva trovare una voce più efficace ed espressiva del nome di « cannone » per esprimere il concetto di quelle profonde, strette e lunghissime incassature e pareti verticali che improvvisamente si avvallano numerose specialmente nell'alti-

(1) Se imaginiamo che una grande catena sollevandosi lungo il proprio asse subisca una frattura trasversale, è facile comprendere come l'acqua scorra più facilmente in questa frattura, in cui trova già un solco, ch'essa approfondisce in ragione della dislocazione e della disgregazione subite dagli strati nella rottura. È ad un fenomeno di tal genere che si deve attribuire la formazione della maggior parte delle valli di *chiusa*, strette, incassate, profonde e *trasversali* rispetto all'asse principale della catena. Talvolta tuttavia e ripiegature e rotture di strati avvengono in direzione parallela all'asse delle catene, onde provengono le vallate *longitudinali*, meno profonde e incassate delle prime. Fra le valli elevate e in genere di secondaria importanza vanno poi ricordate le cosiddette *combe* che provengono dalla rottura di ciò che i geologi chiamano una *anticlinale*, cioè una serie di strati a C però posti in modo che la convessità sia rivolta in alto (Fig. 266).

piano del Colorade, nonchè in qualche parte dei bacini del Missuri e del Rio Grande del Norte, e nel cui fondo scorrono quel fiume e i

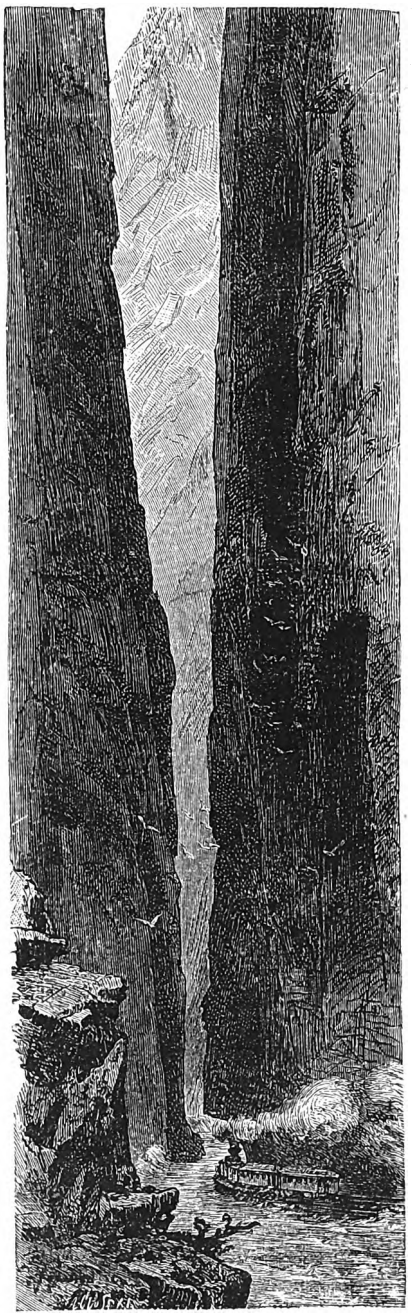


Fig. 267. — Il gran Cañon del Colorado.

suoi principali tributarî a parecchie centinaia di metri dal suolo terrazzato, uniforme e sterilissimo delle « mesas » superiori. Prima che fossero misurati con esattezza, l'occhio indotto

Digitized by Google

in errore dalla imponenza di questi cañons, ne esagerava la profondità, onde le loro pareti si giudicavano elevate 1500 e anche 2000^{m}.

Generalmente i cañons più profondi di 1000^{m} son rari e di consueto l'appicco non scende più di 3 o 400^{m}; quantità ad ogni modo rilevantissima. Lo stesso Gran Cañon del Colorado (Fig. 267) lungo 383 chilometri, si sprofonda in media da 800 a 1200^{m} (2500-4000 (p. ingl.) soltanto. Di consueto fra sponda e sponda sovente costituite da arenarie variegate, ma talvolta anche da graniti, notasi una larghezza di qualche centinaio di metri, ond'è che il fiume ne occupa solo una porzione del fondo e il rimanente si allieta spesso di rigogliosa vegetazione; ma avviene ancora che il canale ad un tratto si strozzi e che non offra varco maggiore di quello che esige assolutamente il passaggio delle acque. Va poi da sè quanto sia difficile discendere dapprima in uno di siffatti abissi e poi quanto sia

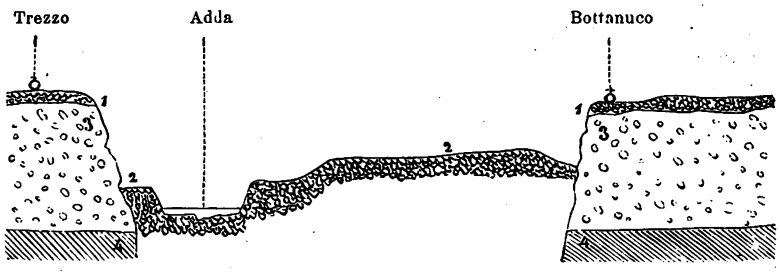


Fig. 268. — Profilo dei terrazzi dell'Adda fra Trezzo e Bottanuco.

1. Alluvione quaternaria; 2. Alluvione fluvio glaciale; 3. Ceppo pliocenico; 4 Marne eoceniche.

pericoloso percorrerlo, come fecero il White e il Powel per quelli del Colorado e della Green River e il Bell per l'Aravaypa Cañon. Alla forma idrografica dei fiumi primarî corrisponde pienamente quella degli affluenti che corrono essi pure in cañons profondi e incassati, epperciò laddove confluiscono, hanno luogo i più singolari incontri di pareti a picco o leggermente scaglionate che si possa imaginare. Non mai altrove l'erosione mostrò un lavorio così spiccato per la sua regolarità (1).

La regolarità, se non la grandiosità dei cañons americani, si riproduce sovente anche nel lavoro di terrazzamento dei nostri fiumi. Molte volte (Fig. 270) le linee delle scarpe e dei profili, la corrispondenza delle due sponde di consueto livellate son tali, che al primo momento sembra aver a che fare con opere artificiali di arginatura, piuttosto che con prodotti naturali. Talvolta però la simmetria delle sponde, manca del tutto (Fig. 268 e 269). Però come nei cañons uno scaglionamento talvolta appena sentito, talaltra molto deciso, tradisce i successivi livelli, ai quali si arrestò ad epoche diverse l'alveo del fiume, che lentamente si sprofondava per l'erosione, la stessa pagina nella storia della corrente è pure nei nostri terrazzi segnalata dallo stesso fenomeno (Fig. 270). Nell'America la maggiore imponenza del fenomeno provenne in parte dal sollevamento notevolissimo delle regioni dei cañons sopra il livello del mare, per isfociare nel

Fig. 269. — Terrazzi, dell'Oglio a Palazzolo.

quale le correnti costrette a discendere di 2200 o 2500^{m} acquistavano una potenza straordinaria, resa ancor più grande dalle gigantesche portate di quei fiumi nell'epoca quaternaria, e dalle alternanze degli eccessi climatici che accrescevano la disgregabilità delle roccie (1). I terrazzi dei nostri fiumi di

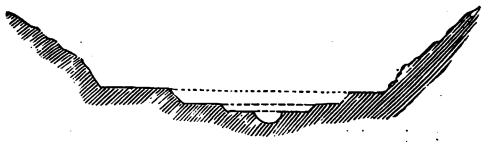


Fig. 270. — Terrazzamenti successivi di molti fiumi in vallata

(1) Cnfr. la Tav. di frontispizio nel *Text-Book of Geology* del *Geykie*. V. *Geogr. Jahrb.*, 1870, pag. 553; — HELLWALLD, I, pag. 17, ecc.

(1) Va poi rilevato che l'escavo dei cañons dell'America non cominciò già nella presente epoca geologica; anzi, per esempio pel gran Cañon si opina ch'esso abbia avuto principio alla fine del cretaceo od all'aurora del

Digitized by Google

consueto non iscavati nella roccia, costituiti invece nell'assieme da terreno di trasporto, da morene, da talus più o meno dolci, deposti solitamente agli sbocchi delle vallate alpine, solo in parte debbono al sollevamento la loro formazione; ma più che ad esso, lo debbono ad un processo che si ripete, puossi dire, sovente. Allorchè una piena di fiume giunge a tal punto da superarne le sponde, allora il fatto dell'allargamento, diminuendo la velocità dell'acqua, ingenera la deposizione del materiale fluitato, ond'è che ad ogni inondazione segue un aumento nel letto, od il formarsi di un piccolo cono di dejezione. Ristretta l'acqua nel suo letto ordinario, probabilmente per cernita del materiale più leggiero interposto fra il grossolano e lasciato cadere nel rallentamento della piena calante, comincia ad approfondare di nuovo l'alveo, aiutata in ciò da quelle fra le piene successive che non soverchiano le sponde. Da ciò proviene da un lato il rialzamento generale della zona a cui appartiene l'alveo del fiume; poi una incisione o una serie d'incisioni laterali, che attestano

Fig 271. — Innalzamento progressivo di molti letti di fiume in pianura.

i livelli raggiunti dall'alluvione nelle massime piene, che una rispetto all'altra successivamente hanno luogo. L'osservazione diligente del contegno che presentano i nostri fiumi-torrenti alpini allo sboccare nella pianura, mostra ad ogni allagamento la formazione di piccoli terrazzi così derivati dall'avvicendarsi dei periodi di dejezione e di erosione, nella stessa guisa che le dimensioni di alcuni terrazzi, non inferiori sovente a 50, a 60, e spinti talvolta oltre a 100^{m} d'altezza sul fiume (come quello del Ticino a Tornavento, elevato 110^{m}) sono indizio delle gigantesche alluvioni che devono aver più o meno immediatamente seguito il periodo glaciale.

Lasciando da un lato poi quei minori, per quanto curiosi, fenomeni dovuti al lavorio delle acque, che sono qualche volta i *pozzi* o le *marmitte dei giganti* e certe pile piramidali somiglianti ai caposaldi che gli scavatori del suolo, nel praticare gli sterri, lasciano affine di riscontrare l'antico livello del terreno e la quantità del materiale asportato, la erosione dei fiumi si manifesta diuturnamente soprattutto sulle sponde. Nel corso rettilineo, il logoramento delle sponde è minimo. Ma il caso di un corso decisamente rettilineo è rarissimo e limitato a brevi tratti. Bastano del resto gli affluenti per produrre delle deviazioni dalla linea regolare e geometrica. Un tributario, colla propria impulsione rigetta o tende a rigettare il fiume verso la sponda opposta. Di più, sfociando, l'affluente viene in qualche modo a ritardare la velocità delle acque proprie e di quelle del fiume a cui porta tributo in quella sezione di questo dove avviene la mescolanza delle acque medesime. Per ciò, un aumento di deposito alluvionale, e il protendersi della sponda dalla quale sbocca, col conseguente restringimento nella sezione del fiume stesso, che si trova costretto a compensarsene logorando la sponda opposta. Ma quell'ansa così proveniente dalle due cause accennate determina nella corrente un moto curvilineo, per cui alquanto più a valle le acque vengono di nuovo inviate dalla sponda opposta su quella a cui spettava il suppositizio affluente. Da ciò nuova formazione di svolte, nuovi moti curvilinei, nuove repulsioni, complicate colla resistenza delle roccie che costituiscono la sponda, colla varia pendenza del letto, coll'affluire di nuovi tributarî e con altre cause ancora. La formazione dei meandri o delle serpentine dei fiumi, se non ci fossero queste varie cause modificatrici, non avrebbe luogo, o lo avrebbe con una regolarità geometrica determinata dalla posizione dei tributari. La forza centrifuga delle acque in moto curvilineo poi fa logorare di preferenza la sponda concava, onde il protrarsi della sponda convessa e l'allungarsi dell'ansa in modo da creare delle vere prominenze (Fig. 272) peninsulari ad istmo così ristretto, che finisce bene spesso col ridursi a nulla; con che il fiume si divide in due rami circondanti un'isola, già altre volte semplice sponda. Lo sviluppo e la lunghezza di siffatte serpentine stanno in ragione della grandezza del fiume e del numero dei suoi affluenti. Col procedere del tempo

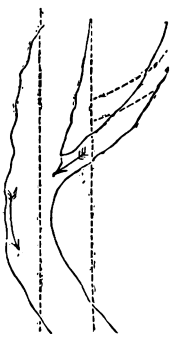


Fig. 272. — Origine di alcune curve fluviali.

terziario. Va ancora rilevato che, quantunque gli strati dove sono scavate scanalature così gigantesche sieno pressochè orizzontali, ciò non esclude l'esistenza di qualche piega e forse di qualche fessura nella roccia (probabilmente allora più disgregabile di adesso) di cui constano quei vasti altipiani.

Digitized by Google

esse tendono piuttosto ad aumentare che non a scemare. La Senna, ad esempio, si vuole che all'età della pietra avesse un corso quasi rettilineo, sicchè non oltrepassasse la lunghezza di 227 chilometri; oggi il completo sviluppo del suo corso, seguendone le svolte e le risvolte, arriva a 355 chilometri. Per quanto poi lo sviluppo del corso, così aumentato, diminuisca la pendenza del fiume e da ultimo riesca ad agevolarne la navigazione, tuttavia tale allungamento produce sovente, massime nei corsi inferiori dei fiumi, delle enormi per-

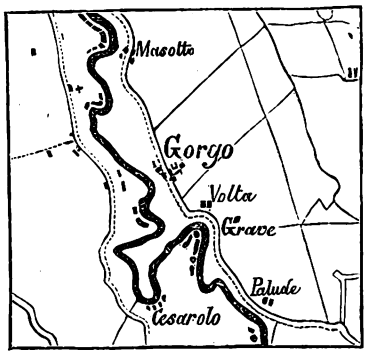


Fig. 273. — Risvolta del Tagliamento a Gorgo (Latisana).

dite di tempo, d'onde le frequenti rettifiche artificiali e i tagli degl'istmi che separano due pieghe assai prossime tra loro.

Le penisole, che vanno formandosi laddove avvengono le confluenze, prolungandosi in forma di lingua da monte a valle, arrecano la conseguenza che il corso del fiume principale e il corso inferiore del tributario riescono a lungo andare paralleli tra loro, e in pari tempo che le foci dei tributari vengono sempre più respinte a valle. Un'occhiata alla valle del Reno fra Basilea e Mannheim, e a quella del Po fra Torino e il mare, mostra spiccati gli effetti di tale lavorio.

Da ultimo, va notato come il fatto della erosione dei fiumi possa considerarsi connesso con uno dei grandi fatti cosmici: cioè colla rotazione terrestre, della quale se la connessione veramente esiste, potrebbe finire coll'essere una prova. Quanto ne abbiamo detto altrove (1) a proposito degli spostamenti laterali dei treni ferroviarî che corrono nel senso dei meridiani, ci dispensa dall'esporre la teoria, secondo la quale i fiumi che corrono nel senso dei meridiani nell'emisfero settentrionale debbano avere la massima tendenza di spostarsi a destra e quindi di logorare la sponda dello stesso nome, e nell'emisfero meridionale quella di spostarsi a sinistra, rivolgendo i massimi effetti di erosione contro questa sponda sinistra, con grande analogia col fenomeno presentato dai venti e dalle correnti marine. Tale concetto, che, per quanto riguarda i fiumi, è noto sotto il nome di *legge del Baer*, venne esposto, appunto dal Baer, nel 1860 (1) e parve teoricamente tanto giusto, che parecchi geografi, fra' quali il Peschel in Germania e l'Hugues in Italia (2), si occuparono in varia guisa a raccogliere esempi positivi che lo confermassero. E realmente questi non mancano. Così, specialmente nei fiumi della Russia e della Siberia, si nota generalmente piana la sponda sinistra ed elevata ed erosa la sponda destra, contro la quale è rivolta la maggior violenza della corrente; così il corso del Volga si sposta continuamente verso ponente, tanto che, ad esempio, la città di Casan, un tempo situata alla confluenza della Casanca col Volga, oggi dista da questo fiume per circa 3 chilometri, e il ramo principale con cui sbocca nel Caspio apparisce ben 20 chilometri più a ponente dell'Actuba, che ne formava l'antico letto. Analoghi spostamenti verso ponente si citano pel tratto del Danubio che traversa la media e bassa Ungheria, pel corso dell'Indo; e, verso levante, pei corsi dei fiumi siberiani, per quelli della Gironda, della Loira, dell'Elba, del medio Reno; e del pari verso levante, cioè, in questo caso, verso sinistra, pel rio della Plata e pei suoi tributari. Però, oltre alle molteplici eccezioni che la legge presenta, da valenti geologi si obietta la circostanza che, volendo calcolare matematicamente la maggiore pressione che un fiume, diretto secondo i meridiani alla media latitudine della Francia, subisce più sulla sponda destra che sulla sinistra, essa si riduce secondo il Babinet appena a $\frac{1}{100\,000}$, cioè, si può paragonare a quella di un ruscello di 10 centimetri rispetto ad una corrente larga 10 chilom., e che la deviazione nel senso voluto dalla rotazione terrestre si può valutare, secondo il Duponchel, appena a $\frac{1}{20\,000}$ dello spostamento longitudinale e quindi a valori affatto trascurabili (3). Epperciò in

(1) A pag. 194 dell'opera.

(1) Baer (v.), *Ueber ein allgemeines Gesetz in der Gestaltung der Flussbetten*, in *Bull. de l'acad. imp. des sciences de St. Petersburg*, t. II, 1860, pag. 357.

(2) Peschel, *Phys. Erdk.*, 2°, pag. 385; — Hugues, *Geogr. fis.*, pag. 83.

(3) Cnfr. Lapparent, pag. 213; — Zoppritz, in *Geogr. Jahrb. vom* Behm, 8.°, 1880, pag. 69; — Supan, *Grundzüge*

Digitized by Google

ogni caso azioni troppo piccole, e tali i cui effetti, anche se moltiplicati, in grazia della persistenza delle cause per tempi lunghissimi, finiscono col rimanere assorbiti nell'infinito numero di altre cause perturbatrici. Così, ad esempio, lo spostamento orientale dei fiumi siberiani può essere prodotto dal predominio dei venti di ponente, abbenchè questi non si palesino abbastanza forti per diminuire lo spostamento orientale del Volga; così pure ai venti di ponente apportatori di sabbia si attribuisce la deviazione occidentale del Nilo; così alcuni dei fiumi del nostro emisfero, che dànno luogo ad uno spostamento a destra, non lo mostrano solamente nel tratto in cui corrono nel senso dei meridiani, ma lo conservano anche in qualche tronco in cui si movono giusta i paralleli, ad esempio: il Danubio inferiore e il Gange, senza che per essi possa trovarsi una spiegazione del fatto nella rotazione terrestre. Insomma, mentre nella sua teoria fondamentale la legge del Baer può accettarsi, come si accetta quella del moto degli alisei e delle correnti marine, le conseguenze che se ne vollero trarre ancora non sono accettate generalmente e senza discussione. Ond'è che qualunque fatto, diretto a chiarire l'interessante problema, merita di essere con diligenza raccolto e studiato.

4. Finora esaminammo le correnti nel loro stato normale, appena accennando di volo a qualche temporanea e speciale deviazione dal loro modo di essere consueto. Eppure anch'esse presentano delle anomalie tali da scusare quasi i geografi dell'antichità, o quelli della scolastica, se trovarono da paragonare la circolazione idrografica a quella del corpo umano e suscettibile quindi di passare dal fisiologico ad uno stato veramente patologico. Premesso che noi siamo ben lontani dal dare un valore scientifico a una parola di convenzione, che serve a riassumere in modo efficace ed espressivo una serie di concetti varî, colla frase « patologia dei corsi d'acqua » intendiamo di esprimere le eccezionali modificazioni che nel loro regime vengono apportate da cause precarie e passeggere. Di tal genere sarebbero i geli, le ostruzioni per accumulamenti di materia galleggiante o meno, le secche eccessive, le piene, le inondazioni, le rotte.

Non tutti i fiumi van soggetti al gelo; anzi il solo fatto della mobilità delle loro acque riduce notevolmente il numero delle grandi correnti che si coprono di ghiaccio durante l'inverno. L'influenza di tale mobilità si palesa anche nel fatto, che più spesso avviene, che il gelo consolidi le acque lente del corso inferiore di un fiume, mentre quelle del corso superiore, quantunque più elevate e perciò esposte a più rigida temperatura, rimangono liquide. Questa circostanza è particolarmente importante, perchè il ghiaccio che copre il corso inferiore si presenta come un ostacolo al libero deflusso della corrente superiore, sicchè ne proviene sempre un rigurgito da valle a monte e bene spesso un'inondazione o una rotta. È un fenomeno questo che si riproduce annualmente nei fiumi siberiani, e dell'America artica, pei quali la precedenza nel congelamento dei tratti inferiori è favorita anche dalla loro direzione polare, per cui, col discendere, il fiume passa a latitudini sempre più alte e quindi in regioni a temperature sempre più basse. Anche senza queste circostanze speciali, il semplice fatto della formazione dei ghiacci, e sopratutto quello dei disgeli, e degl'ingombri che i massi di ghiaccio producono nelle strozzature dei fiumi, ostruendoli quasi del tutto, sono non di rado causa di gravi disastri. È appunto ad un fenomeno di simil fatta, cioè all'accumularsi dei ghiacci in fusione alla stretta formata dal Danubio fra Bazias ed Orsova, che si deve la rotta di Szegedino del marzo 1879, la quale del resto non è se non uno nella serie di fatti analoghi di cui è ricca la storia del Danubio. E per queste funeste conseguenze, e anche nell'interesse generale della navigazione apparisce assai importante quindi e degno d'attenzione questo fenomeno, tanto che non crediamo fuor di proposito riportare dal Supan una tabella, nella quale l'egregio geografo tedesco ha raccolto il numero medio di giorni in cui, nel periodo di un anno, stanno gelati alcuni dei più noti fiumi del globo (1).

	Media durata del periodo di gelo. giorni
Danubio a Galatz (1836-75) . . .	37. 5
Elba a Amburgo (1816-73) . . .	39
Vistola a Varsavia	85
Düna a Riga	126
Neva a Pietroburgo	147
Volga a Costrome	160
» » Casan	153
» ad Astracan	101
Dwina ad Arcangelo (1734-1853) .	191

der phys. Erdk., pag. 367; — GÜNTHER. *Lehrb der Geophysik*. Stuttgart. Enke, 1884, pag. 225.

(1) *Phys. Erdk.*, pag. 259.

Digitized by Google

	Media durata del periodo di gelo giorni
Obi a Barnaul (1752-1800)	169
Jenissei a 56° di latit.	162
» 64 1/2 »	194
» 69 1/2 »	240
» 72 »	295
Lena a Chisensc (1815-53)	204
Jana a Vercojansc (1869)	252
» » Ustiansc (1869)	260
S. Lorenzo a Quebec (1828-57)	136
Hudson ad Albany (1817-67)	92

Un altro fenomeno curioso e importante nella storia dei fiumi è quello degli ammassi vegetali, che, travolti dalla corrente, bene spesso si accumulano, si accavalcano, s' intrecciano in mille guise tanto non solo da impedire il passaggio delle navi, ma addirittura quello dell'acqua. I fiumi che traversano regioni ricche di vegetazione, ad ogni allagamento trasportano seco quantità tal fiata enormi di erbe ed anche di alberi assieme a tutto l'intreccio delle loro radici e alla chioma dei rami e delle fronde. Queste masse fluitate non iscorrono colla stessa facilità dell'acqua, anzi, impregnandosi, diventano pesanti e tendono al fondo, mentre la forma e la materia da cui sono costituite fan sì che forniscono appiglio a qualsiasi ostacolo, uno scoglio, un banco di sabbia, a trattenerle, specialmente nelle largure, dove il fiume ha minore forza di trasporto per la diminuzione della profondità e della velocità, e nelle strozzature per la scemata ampiezza del varco, attraverso il quale devon passare.

I fiumi d'Europa non vanno distinti per tale fenomeno, perchè i loro corsi traversano regioni civili e quindi ormai spogliate dell'originario selvaggio mantello di vegetazione. Invece potenti ingombri vegetali si notano talvolta nelle grandi correnti delle altre parti del globo. Celebri a questo proposito sono gli enormi *barraggi* formati di papiri, di erbe palustri in genere e di *ambash*, che ostruiscono quasi ogni anno il corso superiore del Nilo e di alcuni dei suoi tributarî. Nel 1880 per tal motivo il fiume delle Gazzelle (Bahr-el-Ghazal) era diventato quasi affatto impraticabile. Oltre a 60 barraggi estesi da una sponda all'altra, elevati di qualche metro sull'acqua, e aventi uno spessore variabile fra 500 e 2000 e anche 4000^{m}, ne ingombravano il letto. Una spedizione composta di un piroscafo, la « Safia », e da quattro scialuppe, montate da 5 a 600 soldati, e comandata dall'italiano Romolo Gessi, che dovea traversarli e possibilmente sgombrare il passaggio, ad onta di sforzi inauditi, vi consumò intorno 3 mesi e 1/2, e finì in un vero disastro (1). Un consimile ostacolo, costituito da vere foreste sommerse e così compatto da alimentare sul proprio ammasso una vegetazione continua, il cosiddetto *Great-Raft* « la grande zattera », ingombra da anni il letto del Red River, o « fiume Rosso », risalendolo lentamente, a mano a mano che gli alberi se ne staccano a valle e altri se ne ammucchiano a monte. Nel 1833, allorchè l'intero ostacolo non aveva meno di 200 chilom. di lunghezza, dal governo degli Stati Untiti si pensò di far un'operazione radicale per rompere l'enorme sbarra; ma dopo ventidue anni di indefesso lavoro, si dovette smettere sfiduciati, e rivolgere l'attività alla costruzione e al miglioramento dei canali di scarico laterali al fiume. Così, aggiunge il Réclus, quell'ammasso vegetale costretto a calare nell'antico fondo disseccato del « fiume Rosso » diverrà col volgere dei secoli un deposito torboso o carbonifero a seconda delle future vicende di quella regione.

A voler proseguire in siffatta esposizione, non sarebbe difficile trovare altri esempi di analoghi ingombri di materiale fitogeno lungo il corso degli altri affluenti del Mississipì non soltanto, ma lungo quello delle Amazzoni, dell'Orenoco, del Gange e di molti altri fiumi. Per parecchi fra essi più che la formazione di una sbarra più o meno provvisoria e le relative conseguenze, la fluitazione dei tronchi d'albero produce l'effetto di aumentare la potenza d' erosione delle acque negli urti contro le sponde e contro gli ostacoli. I nostri torrenti di montagna possono presentare dei pallidi esempi di tale azione, allorchè vengono sfruttati pel trasporto gratuito di enorme cataste di tronchi d' alberi da taglio o di tronconi da fuoco, affidati loro a bella posta o che una piena improvvisa coglie e trasporta seco. È in tali circostanze che le piene sono più che mai pericolose.

Una serie di fiumi noti per tale funzione è quella delle correnti siberiane, che inviano lentamente all'oceano Artico i tronchi strappati alle foreste dell'interno, abbandonandoli allora in balia delle onde e delle correnti marine. Ma per quali vicende passino i tronchi nel lungo tragitto dai monti e dalle selve al mare, traverso quelle solitudini inospiti e gelate, non è facile saperlo, nè ridirlo.

(1) V. *Bollet. della Soc. Geogr. it.*, 1881, XVIII, pag. 186 e seguenti.

Digitized by Google

Per molti fiumi, un primo allargamento palustre, come quello del Tarim nel Lob-nor e dell'Ilmend nella palude di Hamum; per altri un notevole sprofondamento del suolo e la formazione di un lago, com'è il caso del mar Morto rispetto al Giordano, e del gran Lago Salato rispetto al Bear, bastano a troncarne il corso. Ma il corso di altri fiumi ancora è soltanto temporario, dacchè in certe stagioni la evaporazione superficiale e l'assorbimento del suolo bastano a disseccarne il letto. A questi casi accennammo; come accennammo a differenze enormi nelle portate dei fiumi, sicchè a taluno di essi in qualche stagione sarebbe alveo sufficiente una limitatissima porzione di quell'ampio letto, ch'esso medesimo si è scavato.

Ma quello stesso letto sovente, e sia per regolari periodi, come per improvvisi accidentali fenomeni, diventa da una sponda all'altra appena bastante a capire la massa dell'onda traboccante, anzi talvolta non riesce nemmanco a contenerla. Allorchè le acque di un fiume oltrepassano di molto il loro ordinario livello, allora ha luogo una *piena;* s'esse soverchiano le sponde, uno *straripamento,* che può ingenerare un semplice e tranquillo *allagamento* ovvero un'*inondazione;* se gli argini artificiali o le sponde vengono asportate, allora ha luogo una *rotta,* il più grave dei fatti che possono accompagnare una piena.

Le cagioni consuete delle piene stanno sia nelle pioggie soverchie per quantità o per durata, sia nello scioglimento delle nevi. Nelle regioni tropicali, il primo di questi fenomeni si avvicenda con una spiccata regolarità, onde il carattere periodico delle piene, a cui son soggetti quei fiumi. E, siccome anche le regioni estranee alle zone di pioggie periodiche presentano un certo ritorno di abbondanza e di scarsezza accordato colle stagioni, ne proviene pure una certa periodicità nelle piene, resa talvolta più spiccata dal secondo fatto che concorre a determinarle, cioè dalle nevi, che di regola si sciolgono a determinate stagioni. Così, lungo le zone alpine le piene avvengono specialmente in primavera e in autunno. In qualche caso, le piene sono prodotte o, per lo meno, accresciute da altre circostanze del genere di quelle accennate, come, ad esempio da un ingombro che impedisca il defluire delle acque, ovvero da un rigurgito prodotto dal vento, ovvero ancora da maree eccezionali, o da veri flutti correnti. Frequenti esempi del concorso di molte fra le cause accennate a determinare la formazione di piene straordinarie ad epoche non molto diverse, vengono presentati dalla valle del Po. Nei mesi dell'estate e dell'autunno, settembre, ottobre e novembre vi predominano i venti di levante e i sciroccali, carichi di umidità, che s'insaccano nella zona alpina, forniti di temperatura elevata, tanto da sciogliere le nevi precoci, già cadute sulle cime più alte (1). Di più, la persistenza, colla quale soffiano, basta a determinare un vero flutto corrente all'insù dell'Adriatico, o anche da levante a ponente, onde un ribocco d'acqua nella parte più settentrionale del golfo, ribocco che a Venezia è noto col nome di « acqua alta », e che, come onda di rigurgito risale a rovescio per buon tratto i fiumi qui pochissimo pendenti e perciò incapaci di scaricare la copia delle acque che convogliano. Questa complicazione di fatti rende più gravi le piene autunnali, mentre la lentezza delle nevi nello sciogliersi rende più lunghe le piene primaverili. Un diligente elenco cronologico, fatto dal Bocchi (2) di tutte le rotte del Po e dell'Adige che la storia rammenti, dà il risultato che su cento rotte, ne tocchino

	al Po	all'Adige	in complesso
in primavera. . .	34	60	47
» estate	9	7	8
» autunno . . .	54	33	43
» inverno . . .	3	0	2

Ma le rotte più funeste e tremende (quelle degli anni 589, 1438 e 1882 ed altre ancora) cascarono in autunno. Per comprendere l'azione dell'acqua alta o del flutto corrente sopra un'inondazione pari a quella dei fiumi veneti, basti rammentare quanto sia lieve, quasi insensibile, la pendenza dei corsi inferiori, mentre il flutto così ingolfato può innalzarsi notevolmente sul livello ordinario. Per es., nel 6 dicembre del 1839, dominando fortissimo il greco levante, nella laguna veneta l'acqua montava di 1^m26, a Brondolo di 1^m73, a porto Fossone di 1^m61, al Po della Maistra di 1^m50, finalmente al Po della

(1) Dagli esperti si calcola che il vento di scirocco (il « fŏhn » degli Svizzeri) può riuscire a sciogliere in sole 12 ore uno strato di neve di 75 centimetri di spessore. Siccome l'acqua in forma di neve occupa un volume decuplo di quello che in forma liquida, così l'effetto della liquefazione accennata equivale alla caduta di 75 millimetri d'acqua, quanto può dare in 12 ore una pioggia dirottissima. All'improvvisa fusione delle nevi si devono attribuire alcune fra le più gravi inondazioni, come quella della valle del Rodano nel 1856 (settembre), quella dei Grigioni nel settembre 1868 e tante altre.

(2) Fr. Bocchi, *L'Adige e la sua rotta* (18 sett. 1882) in *Archivio Veneto,* Fasc. 51, Venezia 1883, pag. 37.

Digitized by Google

Gnocca di 1^m25 sopra il comune livello dell'alta marea, e di 0^m32 oltre i limiti segnati da tali cifre, se si volesse riferirsi al medio livello del mare (1). Ciò significa che il rigurgito del mare in tale occasione aveva la potenza di risalire i fiumi veneti per molti chilometri all'insù della foce, epperciò presentava un ostacolo deciso al loro scarico, proprio allorquando ne avevano il massimo bisogno.

Gli spazî occupati e i danni portati dalle acque in un'inondazione sono diversi a seconda delle circostanze nelle quali essa avviene, a seconda della forma e dell'altitudine del terreno circostante rispetto all'alveo del fiume. La rotta del Po a Polesella, il 28 maggio 1872, allagò tutta la zona padana compresa fra il Po proprio, il Po di Goro, il Po di Volano e il mare, coprendo i territorî di ben 30 villaggi abitati da 44000 persone ed estesi a 700 chilom. quadrati (2). Nella recente tremenda rotta dell'Adige a Legnago nel 18 ottobre del 1882, con rabbioso impeto le acque invasero piccola parte delle provincie di Mantova e di Verona, mag-

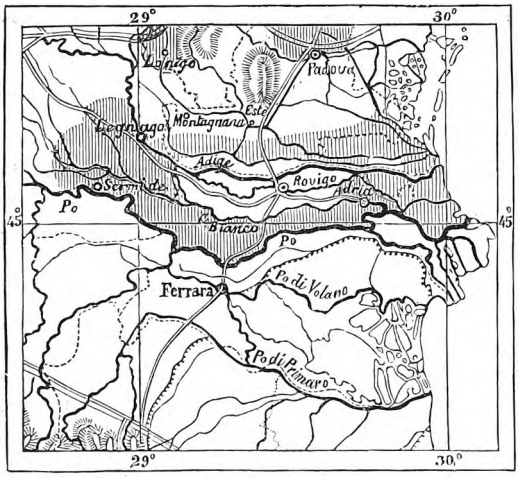


Fig. 274. — Territorio invaso dell'acque nella inondazione del settembre 1882. Scala da 1 a 2 milioni.

giore porzione di Padova, di Venezia, e notevole estensione di quella di Rovigo, cioè non meno di 1000 chilom. quadr. (Fig. 273) con acqua di rotta, diffondendo le « acque nere » ad altri 200 chilom. quadrati. Nel totale uno spazio di 1200 chilom. quadr., con danno e temporaria emigrazione di 100 o 120 mila persone, distruzione incredibile di manufatti e di abitazioni, devastazione di campagne coltivate e feracissime. E notisi che la rotta di Legnago non fu se non un episodio (forse l'episodio più terribile) di quella inondazione, per cui Verona ebbe già a patire tante ruine, e tante ruine provò tutto il bacino dell'Adige superiore. I danni in tale occasione derivati alle provincie austriache (nè veramente limitate al solo bacino dell'Adige) delle Alpi orientali, non si fanno ammontare a meno di 25 milioni di fiorini, suppergiù 60 milioni di lire (1) V'ha di peggio: la inondazione della Loira e dei suoi affluenti, avvenuta nel maggio del 1856, allagò non meno di 4000 chilom. quadr., con danni così gravi, che non si calcolò a meno di 172 milioni di lire il capitale necessario a ripararli. Eppure siamo ben lontani dagli allagamenti delle massime correnti del globo. La inondazione del Mississipì nel 1882 allagò il territorio degli Stati Uniti per un'estensione eguale a 200000 chilom. quadr., cioè corrispondente a quasi tre quarti della superficie del regno d'Italia.

Naturalmente piene così disastrose trovano la prima origine in alcuni fatti indipendenti dall'uomo, come sarebbero, per esempio, straordinarie precipitazioni acquee, coincidenza nelle piene dei varî affluenti, rigurgiti alle foci. Ad esempio, la gravissima piena dell'82 fu provocata da un'eccezionale insistenza di pioggie dirotte in tutta la zona alpina. Così nei giorni 15, 16 e 17 (giorno della rotta) a Pejo caddero 279, a Trento 255, a Predazzo 225^{mm} di pioggia, quantità veramente straordinaria in così breve spazio di tempo. Se il Po allora non ruppe, si deve probabilmente prima al fatto della sua maggiore percorrenza, poi alla circostanza che la pioggia veramente estesa lungo tutta la zona alpina dal S. Bernardo al Friuli, anzi ancora più dirotta nelle Alpi centrali e occidentali, non gonfiò i fiumi appenninici tributarî del Po, e i laghi ritardarono il deflusso dei più potenti suoi tributarî alpini; mentre l'Adige, più breve di corso, dovette smaltire ad un tratto tutta l'acqua che ad un tempo gli arrecarono i vari affluenti, tutti alimentati dallo stesso bacino orografico.

Ma a questi fattori naturali, nel produrre le inondazioni e nell'accrescerne i tristi effetti, si aggiungono anche quelli provenienti dall'uomo.

(1) Bocchi, *Delle vicende e della natura del Po*, Adria, 1873, pag. 45.
(2) *Bollet. della Soc. Geogr. ital.*, 1872, vol. VIII, pag. 74.

(1) Koch, *Die Ursachen der Hochwasser-Katastrophe in den Südalpen*, in *Zeitschr. des d. u. b. Alpenvereines*, 1883, pag. 163.

Digitized by Google

Alludiamo a due sorta di modificazioni del suolo che son dovute all'opera dell'uomo: la distruzione delle foreste causata sì dai bisogni domestici, come da quelli dell' industria e dell'agricoltura; il genere stesso di ripari, ai quali si ricorse per difendersi dalle inondazioni. La foresta coopera a diminuire i danni delle inondazioni sia ritardando la caduta dell'acqua di pioggia lungo i pendii, trattenendone sopra di sè una certa quantità e un'altra quantità assorbendone, sia impedendo lo sfacelo dei terreni e quindi diminuendo il tributo di detriti, di sabbie, di fanghi che specialmente la montagna dà ai torrenti, che ne accresce la forza meccanica e coopera a rialzare il fondo dei letti fluviali, aumentando in entrambi i modi la capacità di arrecare guasti d'ogni sorta. Il problema della varia azione esercitata dalle foreste sulle piene dei fiumi, già sollevato nei secoli passati e praticamente sciolto da alcuni stati, come Venezia, nella seconda metà del decorso e più ancora in questo secolo, specialmente in seguito alle devastazioni dei boschi prodotte dalle industrie assai sviluppate, dalla viabilità aumentata, epperciò dalla maggior facilità di estraduzione del legname, e da leggi forestali non opportune, assunse un'importanza nuova ed urgente (1). Numerosi e proficui esempi della benefica funzione esercitata dalla conservazione delle foreste vennero offerti specialmente dall'America settentrionale, dove la necessità di dissodare il vergine suolo arrecò un rapido disboscamento, e quindi la possibilità di raffronti istituiti a breve distanza di tempo fra i terreni dopo subìta la diradazione e allorchè tuttavia erano rivestiti dalla foresta; ma esempi forse più istruttivi ancora, perchè accompagnati a lezioni più gravi e tremende, furono forniti dai torrenti alpini e specialmente da quelli delle Alpi Occidentali e dei dipartimenti francesi de La Drôme, Hautes Alpes, Isère, Bouches du Rhône, Var, Basses Alpes e Vaucluse, cioè di quelli che un tempo venivano compresi pressapoco nelle provincie del Delfinato e della Provenza e nella contea di Savoia.

A siffatta regione veramente si potrebbero paragonare molte altre zone montuose, come quella o poco meno di quella, testimoni dei danni prodotti dal disboscamento; ma essa è diventata una specie di regione classica per tale argomento un po' perchè gli effetti susseguirono ivi immediati alle cause, non molto remote da noi, un po' perchè furono il soggetto di studi e di provvedimenti diretti a conoscere e a riparare i malanni, un po' finalmente perchè le misure prese riuscirono di già ad utili risultamenti.

Poco meno complessa ed altrettanto ardua è la questione inerente alle difese dell'uomo contro le inondazioni. Quando le sponde delle correnti non bastano a trattenerle nel loro letto, l'uomo o pensò di lasciarle sbizzarrire a loro posta, attendendo che, cessata la piena, riprendessero il consueto cammino, ed è il caso del Nilo, od oppose alla piena rive artificiali, argini, dighe, che andò poi esso stesso aumentando, man mano che crescevano le minaccie e che le prime difese si mostravano insufficienti allo scopo. Questo è il caso del Po, forse da 25 secoli, è quello di quasi tutti i fiumi delle regioni civili, dacchè non sempre avviene, anzi è rarissimo, il caso che, com'è quello del Nilo, gli effetti delle inondazioni siano benefici e che il materiale ch'esse depongono sia favorevole alla feracità del suolo.

Però, contro il sistema delle arginature si parlò e si scrisse molto, specialmente dagl'idraulici francesi. L'esempio di alcuni fiumi arginati (e l'Adige in prima linea), che a poco a poco inalzarono il loro letto fino a renderlo elevato di parecchi metri sulla campagna circostante, tanto che una rotta riesce sempre a un disastro gravissimo e irreparabile, fornì i principali argomenti a tale scuola. In realtà un fiume, non incassato e lasciato a sè stesso, pratica una specie di sistemazione naturale non soltanto del proprio letto, ma anche del terreno circostante all'alveo. Ad ogni piena soverchia, esso si riversa sulla campagna dove depone il materiale di trasporto, distribuendolo giusta le leggi di una idraulica naturale. Arginandolo, alla sistemazione naturale si viene a sostituire una sistemazione artificiale, contro cui spesso la natura si ribella. Così, trattenuta la torbida dagli argini, si aumenta il sedimento del fondo; aumen-

(1) La bibliografia di questo soggetto sarebbe copiosissima. Lasciando da un lato gli scritti di alcuni precursori, quali il Viviani in Italia, il Palissy in Francia, l' Evelyn in Inghilterra, moltissime delle nostre accademie, nella seconda metà del secolo scorso, studiarono tale questione fondando premî a vantaggio di chi meglio la approfondisse. Limitando la nostra cernita a un numero ristrettissimo di scritti, suggeriamo: — MARSH, *L'uomo e la natura*, pag. 198 e seg.; — MENGOTTI, *Dello imboschimento de'monti* (tolto dalla sua *Idraulica fisica e sperimentale, Saggio sulle acque corr.*, Milano, Mussi, 1810). Torino, Moreno, 1869; — SURELL, *Étude sur les torrents des Hautes Alpes*, Paris, 1841 e 1870-72 (con aggiunte); — STREFFLEUR, *Ueber die Natur and Wirkung der Wildbäche*, in *Sitzungsberichte der k. k. Akad. d. Wiss.*, Vienna, 1852.

Digitized by Google

tata la copia delle acque, si aumenta la portata del fiume e quindi si favorisce il trasporto del materiale più grossolano sempre più a valle e con ciò maggiore erosione a monte, maggiori depositi e sollevamento del fondo a valle e conseguente protrazione delle foci.

Siccome poi le arginature non sono quasi mai richieste nei corsi superiori dei fiumi, di solito incassati nel fondo delle vallate, ma bensì in quei tratti in cui essi traversano le pianure, in seguito alla costruzione degli argini, la parte montana del fiume aumenterà di pendenza e di velocità, e la parte pianigiana alzerà il proprio letto. Da ciò la necessità di elevare gli argini, favorendo gli stessi effetti col perpetuarne le cause, e da ultimo la risultanza della formazione di veri fiumi pensili, minaccia continua al circostante terreno.

Va da sè che questo procedimento non ha sempre luogo colla regolarità da noi accennata; che le cause che concorrono alla sistemazione di un corso d'acqua sono molteplici, nè tutte cognite, o almeno non tutte esplicabili; che per gli stessi fiumi naturali le sistemazioni talvolta sono precarie, nè sempre esenti da anormalità gravi e pericolose; che finalmente, al di sopra di ogni considerazione riguardante futuri danni, vanno talvolta la necessità e l'urgenza di ripararsi dai danni e dai pericoli presenti. Questo spiega come gl'idraulici che presiedettero alla sistemazione del Mississippì, per copia di studî degni di stare alla pari con quelli della valle del Po, giudicarono indispensabile l'arginatura di quel massimo fiume. Onde il complesso delle sue arginature non si può valutare adesso a meno di 4000 chilom. di lunghezza ($^1/_{10}$ di un meridiano terrestre), e alcune fra esse veramente gigantesche, come quella di Yazoo-Gate, alta 13^m, larga alla sommità 13^m, e alla base ben 96^m. È facile capire quanto si considerino urgenti e necessarie siffatte costruzioni, se il governo federale, nel 1868, trovò opportuna la spesa di 100 milioni di lire, destinandola a riparare i guasti degli argini, compresi fra la confluenza dell'Ohio e la foce del Mississippì.

Benchè noi non possiamo paragonare a tali enormità le arginature dei nostri fiumi, pure nemmen queste nostre non si possono giudicare trascurabili. Il Po presenta una serie di argini, che si valutano a 424 chilom. per la riva destra, contro 386 chilom. per la riva sinistra, e ad essi è affidata la difesa immediata di poco più che 6000 chilom. quadr. di superficie: 3450 sulla destra, 2610 sulla sinistra. Se però si volesse computare la somma delle arginature, dalle quali sono contenuti i suoi affluenti e sopratutto quelli della riva destra, si arriverebbe ad aggiungere alla somma accennata non meno di 563 chilometri. Gli altri fiumi veneti esigono pure oltre un migliaio di chilometri (1071 chil.) di argini. In totale dunque la sola valle padana (escluso il bacino del Reno di Bologna e aggiuntovi l'estuario veneto), presenta un totale sviluppo di argini di difesa lungo i fiumi e i torrenti e non compresi i cosidetti *canali*, pari a 2443 chilometri.

Anche senza voler associarsi alle iperboliche esagerazioni che sogliono essere una conseguenza immediata e necessaria dei grandi disastri, si deve convenire che la storia delle inondazioni e delle rotte va sventuratamente molto più ricca di fatti oggi che non nel passato, non soltanto; ma che i fatti che essa registra vanno prendendo un aspetto di sempre maggiore gravità. Per di più: ai fatti della maggiore frequenza e della maggiore imponenza delle grandi piene vanno uniti quelli delle variazioni nelle portate, nelle torbide, nelle deposizioni sedimentari. In una parola, v'è un accordo deciso nei varî fatti idrografici per mostrare modificato il regime dei fiumi e accresciuti gli elementi che ne rendono grave lo stato patologico. Anche senza ricorrere ad esempi lontani, come quelli dell'Oder, che da circa un secolo, e dell'Elba, che da mezzo secolo, han visto diminuire notevolmente la loro portata, ovvero come quello della Senna, di cui l'imperatore Giuliano (361 d. Cr.) avvertiva le rarissime piene, aggiungendo che *qualis aestate, talis esse solet hyeme*, mentre adesso la portata ne è diversissima in magra e in piena e nelle stagioni opposte; non sono scarsi i fatti, che confermano la predetta asserzione. Così il Lombardini (1), facendo la storia delle piene dell'Adda dal 1792 al 1863, potè mostrare che la frequenza delle piene vi si è triplicata nell'ultimo ventennio di quel periodo, cioè dopo i grandi tagli dei boschi della Valtellina e la sistemazione del fiume (1842); così, mentre le piene di Po, che a Pontelagoscuro superarono l'altezza di 1^m sopra il segno di guardia dell'idrometro, nel trentennio compreso fra il 1807 e il 1836 furono 39 e presenta-

(1) *Studi idrolog. e stor.* ecc., pag. 97.

Digitized by Google

rono un'altezza media di $1^m.68$; nel successivo trentennio 1837-66 salirono al numero di 52, con una media di $1^m.92$; così la portata massima dell'Adige va crescendo, si può dire, ad ogni piena, tanto che mentre la formidabile piena del 1868 aveva fatto corrispondere la sua portata a 3150^{mc} al minuto secondo, nel 1883 venne calcolata a metri cubi 5144. Ma l'Adige presenta altresì il tipo di una corrente caratteristica per dimostrare i funesti effetti del disboscamento e dell'arginatura. Ormai il suo corso inferiore, cioè da Villa Bartolommea al mare, è più o meno pensile sulla campagna, in modo che l'altezza di piena massima sovrasta ad essa sovente di 5, 6 ed anche 10^m, e di 3 o 4^m, anche sul livello di magra. Da ciò la minore resistenza degli argini, che per lunghi tratti devono essere necessariamente in *froldo*, invece che in *golena* (1), e le tremende conseguenze di una rotta. Difatti, allorchè questa avviene, gli squarci negli argini sono amplissimi, il fiume precipita con impeto come un'enorme cascata sulla campagna sottostante, producendovi gorgo profondo, e, mentre l'alveo inferiore alla rotta rimane all'asciutto, le acque superiori pel richiamo della caduta accorrono con aumentata velocità, rendendo lunga, penosa e oltremodo ardua l'operazione della successiva chiusura della rotta. La rotta di Angiari-Legnago del 17 ottobre 1882, dopo pochi giorni, presentava uno squarcio largo 290^m, che cadeva sulla campagna dall'altezza di 3^m50, talchè s'ingenerò un gorgo della profondità di 15^m30 sotto il piano stesso della campagna, intanto che l'alveo inferiore a Legnago rimase quasi completamente all'asciutto (2), analogamente a quanto era succeduto nella rotta di Spilimbecco del 1677.

La rotta rimase aperta 3 mesi, giorno per giorno, nè, anche per la sopravvenienza di nuove piene, e ad onta della egregia condotta dei lavori, potè chiudersi in via definitiva se non il 18 dicembre dello stesso anno (1).

Notiamo finalmente un ultimo effetto, che talvolta deriva dalle piene: quello di determinare una mutazione permanente nel corso di un fiume. L'ora accennata rotta dell'Adige avrebbegli creato un nuovo letto, se non fosse intervenuta pertinace e potente l'arte umana a ricacciarlo in quello dove corre da secoli. Ma nelle epoche in cui la regione veneta non avea popolazione nè così fitta nè così civile come oggi, frequenti furono le mutuzioni nel corso di quello come di altri fiumi contermini. All'epoca romana l'Adige, secondo ogni probabilità, passava per Montagnana e per Este (V. Fig. 274 a pag. 422) e sfociava al porto di Brondolo.

L'abbandono di quel letto forse avvenne o nel 589 o nel 596, anni la cui memoria, terribile per inondazioni, ci venne conservata dalle cronache contemporanee (2). Tacendo di altre diversioni sue, per le quali si formarono o si modificarono Adigetto, Chirola e Tartaro, diremo che altro bellissimo esempio di mutazione recente nel corso di un fiume ci venne dato dall'Hoangho in Cina. Questo « fiume giallo» o meglio « fiume incorreggibile » (chè così si traduce la forma *Nih-ho*, colla quale lo designano antichi scrittori cinesi) da secoli va mutando il suo corso, ora portandolo più dappresso, ora più da lontano del gemello « fiume azzurro » o Jangcechiang. Così negl'ultimi 2500 anni gli annali cinesi non aveano segnato meno di 9 di tali oscillazioni, che si erano succedute in una zona larga non meno di 900 chilometri, cioè in un' ampiezza non minore di quella che separa Genova da Messina. Però nella prima metà di questo secolo, grazie alle colossali arginature, colle quali lo si era serrato dai rivierani, da Caifung il fiume correva verso lo stagno di Hungce-hu e sboccava nel « mar giallo » od Hoang-hai dei Cinesi. Nel 1851 (Fig. 275) una prima rotta, avvenuta a Caifung, lo porta fuori dal proprio letto verso sinistra, senza però deciderlo ad abbandonare completamente l'anteriore; nel 1853 una seconda rotta glielo fa abbandonare del tutto; sicchè esso, avendosi

(1) I fiumi arginati possono presentare due combinazioni, cioè che l'argine formi tutto un corpo colla ripa del fiume in modo da fare esso stesso continuamente l'ufficio di ripa, e allora assume il nome di *froldo*, ovvero che si trovi alquanto discosto dalla ripa naturale, dalla quale lo separa un tratto di terreno, chiamato *golena*, da cui la frase *argine in golena*. È facile comprendere come gli argini più minacciati di rotte sieno i froldi, sia perchè continuamente esposti alle filtrazioni delle acque, sia perchè costretti a sostenere entro il consueto alveo tutta la potenza di una piena; mentre nel caso delle golene l'acqua ha campo di dilatarsi ampiamente, perdendo di forza e di velocità e formando essa stessa riparo alla piena.

Dei 249 chilom. di argini dell'Adige, ben 179 chilom., cioè quasi $\frac{2}{3}$, sono in froldo; mentre il Po su 810 chilom. ha soltanto 114 chilom. di argini in froldo, cioè circa $\frac{1}{6}$.

(2) Si calcolò a soli 10 mc. al secondo la portata dell'Adige inferiormente a Legnago, finchè non fu chiusa la rotta.

(1) Bocchi, *L'Adige e la sua rotta*, ecc. *Archivio Veneto*, Fasc. 52, 1883, pag. 281 e 303.

(2) Vedi Gloria, *L'agro patavino dai tempi romani alla pace di Costanza*, in *Atti dell'Ist. ven.*, Anno 1880-81, pag. 600; — Bocchi, *L'Adige* ecc., in *Arch. Veneto*, T. XXVI, p. 1, pag. 5.

Digitized by Google

in parte scavato un alveo nuovo, in parte essendosi appropriato quello del Tatsing-ho, da quell'epoca ha fissato la propria foce nel golfo di Pecilì. Una nuova piena, segnalata nel 1870, e una rotta avvenuta sulla riva destra a monte di Caifung pareva dovesse sviarne nuovamente il corso, avvicinandolo ancora al Jangcechiang; ma i provvedimenti

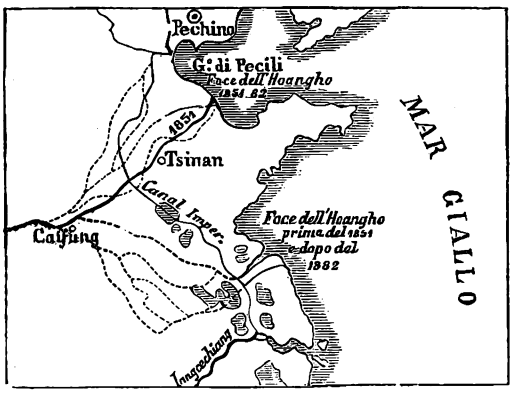


Fig. 275. — Varie mutazioni nel corso dell'Hoangho.

presi arrivarono a scongiurare il nuovo disastro. Intanto, mentre le piaghe prodotte dalla rotta del 1851 andavano rimarginandosi e il letto del fiume anteriore a quell'epoca, generalmente più alto della circostante campagna, andava esso pure riducendosi a coltura, sotto l'azione di quel popolo laboriosissimo, pare che nell'estate del 1882 abbia ottenuto daccapo la preferenza del capricciosissimo « fiume giallo » (1).

Notissime sono parimente le mutazioni dell'Amu, l'Oxus dei greci, che nell'antichità pel letto dell'Usboi correva al Caspio e oggi sfocia nell'Aral. Prescindendo da più antiche e più incerte oscillazioni, pare che nel X secolo si dividesse in due rami, dei quali l'uno raggiungeva il Caspio, passando pel lago Sari-camiš, e l'altro sfociava nel lago d'Aral e probabilmente alla sua estremità SE. Finalmente, nel XVI secolo, il fiume si limitò ad un ramo solo, quello sboccante nell'Aral, ma però alla sua estremità SO, abbandonando il letto ora segnato dall'Usboi. È incerto se a queste mutazioni si possa o meno attribuire l'abbassamento nel livello del Caspio, come anche se il corso attuale debba ritenersi definitivo, e ciò tanto più che nel 1878 improvvisamente l'Amu riprese il corso verso il Caspio fino a raggiungere il citato laghetto di Saricamiš (1).

Nè gli esempi ci farebbero difetto, se volessimo continuare in questo argomento, del quale già toccammo parlando della legge del Baer, e specialmente qualora volessimo tener conto delle molteplici mutazioni provenienti dal fenomeno della deltazione, del quale fra breve discorreremo. L'Eufrate e il Tigri, unitisi nel Šatt el Arabi; il Cur e l'Arasse il Gihan e il Seihun, molte volte uniti e divisi; i fiumi della Venezia, il Gange e il Brahmaputra, e infiniti altri esempi, son lì a dimostrare come il processo della deltazione sia un agente importante di mutazione nei corsi inferiori dei fiumi. Del resto giova anche in questi argomenti essere guardinghi. Talvolta, affidati ad incerte interpretazioni di notizie storiche o di fatti geologici, non mancano scrittori che vedono anche in epoca storica mutazioni nei corsi di fiumi, veramente avvenute soltanto nella fantasia, qualora non si voglia riferirle a periodi anteriori a quello della comparsa dell'uomo sulla Terra, o che per lo meno da lui s'intitola. Generalmente poi, non soltanto l'idrografia attuale si può ritenere scolpita nel globo da numero sterminato di secoli; ma le sue linee fondamentali appariscono talvolta al geologo tali e quali oggi le vediamo o di poco alterate, se non nelle prime, certamente nelle più recenti epoche geologiche e più nella quaternaria, che noi attualmente stiamo attraversando.

5. Però, appunto uno dei fenomeni, nei quali si manifesta più rapida che mai altrove la variabilità della crosta terrestre e che ci dimostra com'essa più che un « essere » sia un eterno ed incessante « diventare », è quello dei *delta* (2).

L'azione complessiva dei fiumi consta (e lo vedemmo) di due processi principali diversi: quello di escavazione e di erosione nel tratto superiore, quello di deposizione o di dejezione nel tratto inferiore, talchè la materia scavata in alto vien portata in basso, dove coopera a colmare le disuguaglianze di livello esistenti fra il monte ed il piano. Questo fatto lo ve-

(1) RÉCLUS, *Nouv. Géogr.*, Vol. VII, pag. 350 e seg. — SUPAN, *Grundzüge*, pag. 367.

(1) Vedi in proposito *Cosmos* di G. CORA, 1876, Vol. III, pag 173 e 213; — *Boll. Soc. geogr. it.*, 1876, pag. 79, 82, 1880, pag. 79; — PETERM., *Mittheil.*, 1879, pag. 188; 1882, pag. 64, ecc.

(2) CREDNER GEORG RUDOLF, *Die Deltas, ihre Morphologie, geogr. Verbreitung*, ecc. *Ergänzungsheft* N.° 56 *zu* PETERM., *Corso di geol. Mittheil.*, Gotha, Justus Perthes, 1878; — STOPPANI, 1.°, 142 e seg.; — PESCHEL, 2.° pag. 410; — LAPPARENT, pag. 220.

Digitized by Google

demmo rapidamente riassunto nella formazione di un talus, dove l'azione complessa e i suoi varî effetti possono verificarsi nel breve periodo di un acquazzone; lo stesso fatto si compie lentamente col volger dei secoli nella formazione di un delta.

Con questo vocabolo i Greci, sulla traccia di Erodoto (1), designavano la regione alluvionale prossima alla foce del Nilo e che, per essere compresa fra i due bracci divergenti del fiume, si poteva con grande verità paragonare alla quarta lettera dell'alfabeto greco, al Δ (delta), di figura triangolare. Ma più tardi l'uso di quel vocabolo venne esteso a designare tutte le formazioni analoghe, anche se nella figura diverse dalla triangolare.

Gli sbocchi pei quali i fiumi raggiungono il mare od un lago presentano forme diverse. Assai comune pei fiumi di breve corso, ma non rara nemmeno per le grandi correnti, è la

Fig. 276. — Foce del Limpopo nell'Africa meridionale.

foce semplice, cioè quella che improvvisamente raggiunge il mare senz'allargarsi, nè formare depositi di sorta. I fiumi che scendono dall'Apennino nell'Adriatico, il Duero e la Guadiana in Ispagna, il Limpopo (Fig. 276) in Africa, possono fornire un esempio del genere.

Una seconda forma di foce è quella, che ormai è generalmente conosciuta dai geografi sotto la denominazione di *estuario*.

Essa consiste in un notevole e sempre crescente allargamento del fiume in modo che la foce presenta l'aspetto di un imbuto, di una tromba, di un corno o di figure consimili. Weser, Elba (Fig. 277), Gironda, Tamigi, La Plata, ed altri molti fiumi possono servire d'esempio per questo genere di foci.

Una terza forma può essere quella presentata dagli *haff* del Baltico (Fig. 278) o dalle lagune venete. In questi casi l'apparato di scarico del fiume consiste in un bacino lagunare, in cui esso sbocca, e che si trova separato dal mare a mezzo di una serie di cordoni litorali (*lidi*, *nehrungen*), talvolta interrotti, tal altra prolungati senza soluzione di continuità. Ne sono esempi la Vistola, il Memel, il Brenta.

Una quarta forma è finalmente quella del *delta*, che forse comprende anche la precedente, ma che di solito designa i casi, nei quali il fiume si divide in due e più bracci, e frammezzo ad essi sta rinchiuso un tratto di terreno alluvionale che la corrente stessa ha trasportato.

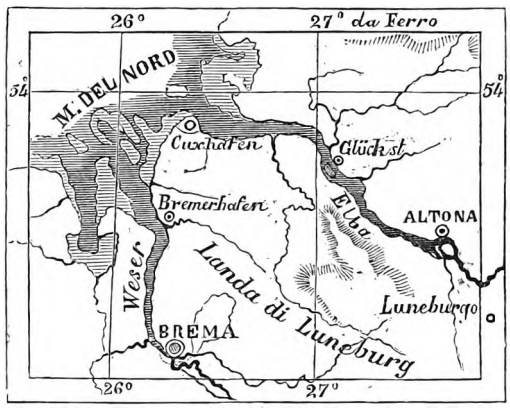


Fig. 277. — Foci dell'Elba e del Weser nel mare del Nord.

Il vocabolo estuario, specialmente dagl'idrografi italiani, non è adoperato nel senso di foce imbutiforme; ma piuttosto nel senso di apparato di sbocco, sia a forma di delta deciso, sia a forma lagunare o di haff. Di fatto in Italia è comune nella scienza la denominazione di *estuario adriatico* o *veneto* per designare o nella totalità o in parte, l'assieme di lagune, di cordoni, di foci, di delta,

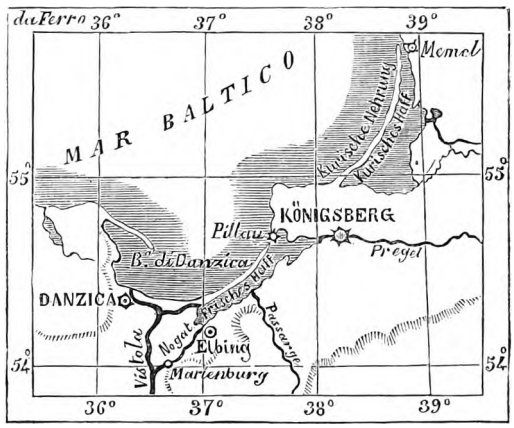


Fig. 278. — Gli *Haff* del Baltico.

(1) Storie, II, 14.

Digitized by Google

che sta fra l'Isonzo e la foce del Reno di Bologna. Etimologicamente il nostro modo di usare la parola estuario, cioè in senso generico, parrebbe più corretto, poichè l'*aestus*, o la marea, ha un' azione generale sopra tutte le formazioni di sfociamento dei fiumi, quali esse si siano. Realmente, però, è appunto alla maggiore azione di forti maree che si attribuisce la formazione delle foci ad imbuto più o meno allargato. Espansioni così notevoli, come quelle che si notano allo sbocco di molti fiumi, sono inesplicabili certamente colla portata attuale delle correnti che li traversano. In qualche caso la loro origine si potrebbe cercare, supponendo che gli stessi fiumi arrecassero in altre epoche al mare ben più copioso tributo che non portano oggi. Ora questo fatto dovrebbe manifestarsi con altri indizî anche nei tratti superiori dei fiumi, il che sempre non si verifica. Più ovvia è la spiegazione che risulta dal contegno delle acque dolci colle salate. Queste sono sempre e in tutti i casi più pesanti di quelle, tant'è vero che le navi, passando dall'acqua del mare in quella dolce, s'affondano sensibilmente. L'acqua del fiume più torbido, come quella dell'Hoangho e del Gange, contiene in sospensione appena $\frac{1}{200}$ ovvero $\frac{1}{428}$ del proprio peso di materia terrosa, in modo tale che ogni litro d'acqua peserà circa da 1005 a 1002 grammi, mentre un litro d'acqua marina può pesare da 1020 a 1028 e anche a 1030 grammi. Dunque l'acqua dei fiumi, incontrando quella del mare, non vi si mescola ad un tratto, ma vi sornuota scorrendo sopra un letto liquido. Ciò ne diminuisce notevolmente e ad un tratto la profondità, ond'è ch'essa si trova costretta a guadagnare in ampiezza orizzontale quanto perde in ampiezza verticale e quindi ad allargarsi respingendo od erodendo le sponde. Ciò può veramente avvenire anche senza l'intervento della marea. Ma la marea aumenta l'efficacia di tale processo in modo egregio. Il flusso non solo arresta per 6 ore e $\frac{1}{2}$ lo sfociare del fiume, ma inalza il piano inferiore dell'acqua fluente in ragione della propria amplitudine: ed ecco che il fiume stesso deve crearsi un bacino capace di contenere l'allargamento di un ristagno così notevole e prolungato.

Posto ciò, e tenendo pur conto della diffusione che fra i geografi ha ottenuto la parola estuario, in senso di foce allargata e imbutiforme, possiamo noi pure accettarla senz'altro con questo stesso significato.

Oltre al processo ora descritto, al contatto delle acque del fiume con quelle del mare, si manifestano altri fatti. Vedemmo che l'acqua dolce sornuota sulla marina, non fondendosi con essa se non lentamente (Fig. 279). L'acqua del Congo si mantiene dolce ancora a 25 e salmastra ad oltre 40 chilom. dalla foce, e si vuole che quella delle Amazzoni a 400 o 500 chilom. dalla foce sia ancora sensibilmente diversa dalla marina. Ad onta di ciò, è certo che l'incontro col mare o arresta il moto del fiume o ne diminuisce notevolissimamente la velocità. Collo scemare di questa si riduce al minimo la forza di trasporto, ond'è che il fiume deve deporre le parti solide che tuttavia portava sospese nelle sue acque. Ciò spiega la formazione dei banchi di sabbia, dei bassi fondi, delle sbarre che si notano alle foci dei fiumi. Nel caso delle foci nei mari o nei laghi salati siffatta formazione è facilitata ancora dal contatto coll'acqua marina, quando si sappia come le materie ch'esso trasporta, sia in soluzione sia in sospensione, a compiere la loro precipitazione, impieghino un tempo circa 15 volte minore nell'acqua marina che non nella dolce.

Siccome, salvo il caso di fiumi a corso brevissimo, la pendenza del fiume presso la foce è molto piccola, il materiale ch'esso trasporta fin là è necessariamente molto fino, anche nel caso delle grandi piene. Fanno eccezione a questa regola molti tra i fiumi che hanno foce nei laghi, da essi, di consueto, raggiunti soltanto dopo il breve decorso superiore. In tali casi la forte pendenza permette il trasporto di materiali grossolani, così spinti a riempire i laghi medesimi.

Ad onda della finezza, la copia del materiale così trasportato talvolta è grandissima. In seguito alle ricerche continuate dal Forshey per un intero anno (1851-1852), risulta che annualmente il Mississippì trasporta nel Golfo del Messico quasi 369,000 milioni di chilogrammi (812,500,000,000 pfund) di materia terrosa, calcolando soltanto quella tenuta in sospensione, e ad essa converrebbe aggiungerne altri 21 milioni e $\frac{1}{4}$ di metri cubi (750 milioni di piedi americani cubi) di ciottoli, ghiaia, nuclei agglomerati, insomma di materiale rotolato sul fondo. Quella massa prima accennata, distesa sopra un chilometro quadrato di spazio, vi formerebbe un parallelepipedo alto 190^m; questa seconda un altro parallelepipedo alto più di 21^m; in complesso un prisma alto 211^m, ed avente per base l'accennata area di un chilom. quadrato.

Digitized by Google

Il Gange presso Ghazipur, secondo i calcoli dell'Everest, trasporta una quantità ben poco minore dell' accennata, cioè 180 milioni di metri cubi all'anno e di essa il 95 per cento durante circa 4 mesi, i 4 mesi della stagione piovosa. Distesi sulla superficie di un chilometro, costituirebbero un prisma alto 180^{m}.

Ecco quindi quale sarebbe la quantità di materiale solido portato annualmente al mare da alcuni fra i più importanti fiumi del globo, secondo varie fonti:

	Materiale solido portato al mare annualmente metri cubi
Mississippì	211,000,000
Jangcechiang	182,000,000
Gange a Ghazipur	180,300,000
Hoangho	47,250,000
La Plata	43,700,000
Danubio, alla foce	35,500,000
Rodano	16,800,000
Po	11,500,000 (1)
Tevere a Roma	4,100,000
Pei-ho	2,300,000
Tamigi a Kingston	528,000

Così conosciuta la copia del materiale solido trasportato dai fiumi, non deve far maraviglia se, depositandosi, esso dia origine a delle formazioni considerevoli. Queste, a dir vero, sempre non si presentano, anzi avviene spesso che nei mari soggetti ad importanti maree o percorsi da correnti litorali o a fondo molto inclinato, il sedimento venga tosto disperso, specialmente se la forza del fiume lo spinge molto al largo. Però di consueto altresì avviene che, come accennammo, lungo la zona di contatto fra le acque fluviali e le marine, si formi un deposito trasversale (Fig. 279) all'asse del fiume, oscillante colle maree, colle burrasche e colle piene e che assume il nome di *cavallo* in Toscana, di *scanto* a Venezia (2) e in generale di *barra* (barre). Sì per l'altezza che in qualche caso tale barra assume, come per la sua mobilità, essa presenta talvolta un serio ostacolo alle navi che vogliono penetrare nelle foci dei grossi fiumi. Così, per esempio, le barre che si formano alle varie bocche del Mississippì, talvolta s'inalzano a soli 3.^{m} 7 sotto il pelo dell'acqua, anche laddove la profondità di questa nelle parti circostanti non è minore di 30 ^{m}. Così la pericolosa barra dell'Adour esige che mensilmente si rinnovino due volte le carte idrografiche destinate a segnarne la posizione (1). Ma questa medesima barra, una fra le più studiate del globo, palesa che

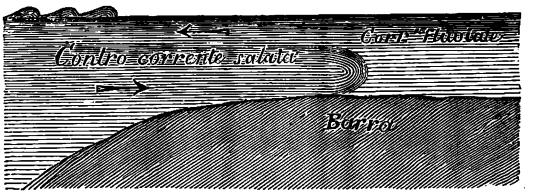


Fig. 279. — Barra alla foce dei fiumi.

tale diga subacquea, che chiude normalmente gli estuarî, non che essere sempre di origine esclusivamente fluviale, com'è in qualche caso, o di origine mista, come si verifica pure assai comunemente, lo è talvolta in via esclusiva di origine marina, ed apparisce in tal circostanza costituita da arene e da detriti oceanici spinti, rotolati e trasportati dalle onde marine.

Qualora poi la potenza del fiume sia molto notevole, allora la trincera sabbiosa viene spinta in alto mare, dove viene dispersa dalle correnti e dalle onde; ma nei casi in cui essa sia mediocre e manchino le altre cause di dispersione, allora la materia depositata alla foce vi si accumula, il materiale più grossolano talvolta vi si cementa, la barra si fissa, con ciò diventando sempre maggiore ostacolo al defluire del fiume e accrescendo la rapidità dei depositi.

Così va a poco a poco preparandosi una ostruzione dell'estuario, la quale di consueto comincia coll'essere formata da un semplice cordone a lunata, che chiude la bocca esterna dell'imbuto, e traverso cui il fiume pratica delle aperture sufficienti alla sua uscita. Ma dietro il cordone la materia s'accumula, l'estuario va riempiendosi e il fiume è costretto ad aprirsi la strada traverso le sabbie e le fanghiglie accumulate. I più grossi e resistenti fra i materiali importati, specialmente nelle piene, tengono di consueto il mezzo della corrente dove la velocità è massima; quindi ivi sarà il massimo accumulamento e la massima

(1) Il Mengotti da principio del secolo valutava a non meno di 822 milioni di metri cubi la quantità di materiale trasportata annualmente in mare dal Po, e non era fra i più esagerati. Il Lombardini 30 anni addietro la valutava a 42,760,000mc. cioè a una quantità 20 volte minore, e tuttavia essa riuscirebbe superiore a quella del Danubio che presenta un bacino e una portata tanto più grandi di quelli del Po. Nell'accettare il dato di 11,500,000mc., inserto nella tabellina e dovuto al Mellard Reade (*Nature*, 1880, N. 22, pag. 559) noi intendiamo di presentarlo come un valore minimo, mentre pensiamo alla necessità di nuovamente determinarlo coi metodi che la scienza oggi sa suggerire.

(2) Secondo il Castelli, citato dal CIALDI (*Del moto ondoso del mare*, pag. 142).

(1 RECLUS,, 1.ª ediz , 547.

Digitized by Google

resistenza, epperciò il fiume nel più dei casi dovrà passare a dritta e a sinistra dell'ostacolo. La formazione di almeno due bracci del fiume e la forma triangolare del delta così vengono ad aver una spiegazione, come la qualità della formazione sabbiosa, melmosa, mobile e le varie vicende delle piene dànno ragione della ordinaria moltiplicità di rami, che ogni delta possiede, e che possono essere originati o chiusi talvolta da ostacoli di ben poco momento: una chiglia di barca affondata, un albero fluitato e impigliatosi colle radici nella fanghiglia. Quanto apparisce di consueto in tutti i delta è questa incessante divagazione dei loro canali, che quasi sempre del resto appariscono irradianti dal punto che rappresentava la sommità dell'estuario, prima che questo venisse riempito dalle varie alluvioni. Avviene però ancora qualche raro caso, com'è, per esempio, quello dell' Ebro (Fig. 280), nel quale uno solo è il

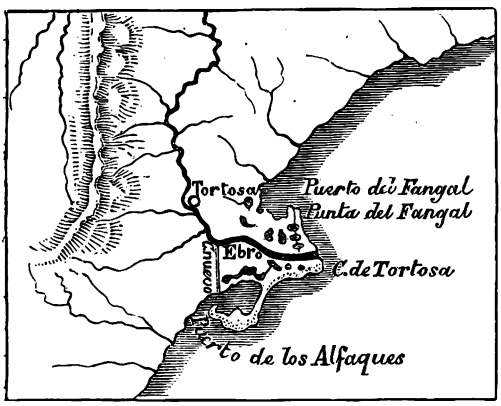


Fig. 280. — Delta dell' Ebro.

corso del fiume che traversa il bacino già ricolmo di alluvione, e perciò ormai meritevole del nome di delta.

Non si ripete mai a sufficienza che infinite, nè sempre chiaramente discernibili, sono le forze che si dànno convegno alle foci dei fiumi e che concorrono a rimaneggiarle e a determinarne la speciale morfologia: pendenza, dimensioni del tronco inferiore del fiume; figura e dimensioni della foce originaria; velocità e portata delle acque; frequenza e potenza delle piene; natura e grandezza delle torbide e qualità del materiale trasportato o rotolato; carattere e pendenza del fondo marino corrispondente allo sbocco; potenza e natura delle maree; frequenza, forza e direzione delle burrasche e dei venti dominanti; potenza e direzione delle correnti; finalmente copia o scarsezza di materiale detritico di origine oceanica o dall' oceano trasportato nella zona contermine alla foce medesima. Aggiungasi ancora un fatto non trascurabile nel complicato fenomeno, vale a dire quello che concerne possibili bradisismi della regione, per cui essa può subire una lenta oscillazione terrestre, e quindi esser dominata da un moto di ascesa o di discesa, ovvero può trovarsi in uno stadio di perfetta immobilità, almeno per un tempo assai lungo: condizioni tutte importanti nel favorire o nel danneggiare l'accumulamento dei depositi dei quali si discorre.

Tutto questo complicato concorso di fattori di natura diversa rende difficile il fissare una legge sicura e generale di formazione dei delta. Così ci sembra forse arrischiata di troppo quella che, distinguendo i delta in *lacustri*, *mediterranei* ed *oceanici*, e attribuendo soverchia influenza alle maree, trova che al contatto cogli oceani si formino solamente estuarî ad imbuto, con qualche scarso interrimento (delta negativi od oceanici) e non mai veri delta, salvo al fondo dei golfi. I delta dell'Indo, del Niger (Cuarra), dell'Iravaddi, del Mecong, dello Zambesi, dell'Orenoco, tutti formatisi al contatto coll'oceano, son lì a mostrare non essere esclusiva dei mediterranei la formazione dei delta positivi. Ciò diciamo, benchè si debba convenire che lo sboccare in bacino chiuso, poco agitato da grandi burrasche e soggetto a piccole maree, piuttosto che in bacino aperto ed esposto alle condizioni contrarie, favorisca nel primo caso la formazione del delta, nel secondo il mantenimento dell'estuario aperto.

Le medesime condizioni esercitano una influenza tale sulla formazione dei delta che sempre non è il cordone litorale esterno, come nel caso del Nilo, della Vistola, del Dgnester, del Dgneper, del Don, dei fiumi veneti e forse del Gange, quello che sorge il primo, dando origine alla costituzione di ciò che il Duponchel chiama un delta *di ritorno* o *delta indiretto*, sia ch'esso resti dissimulato sotto acqua o che realmente non abbia campo a formarsi; ma i sedimenti si formano indipendentemente da esso. Tuttavia pur sovente avviene che, una volta colmato l'estuario e formato un delta completo, il fiume oltrepassi il limite della barra iniziale e porti in pieno mare la lotta fin allora proseguita a riparo della barra medesima.

Da ciò un protendimento notevole della foce e di tutto l'apparato deltoide, che così viene a costituire un aggetto considerevole nel mare stesso, o quello che ancora il Duponchel chiama

Digitized by Google

delta diretto. Anche in tali casi la barra rimasta indietro può essere demolita e scomparire, come nel delta del Mississippì, ovvero far tuttora mostra di sè, come avviene in quello del Po (Fig, 281), dove lo designano le alli-

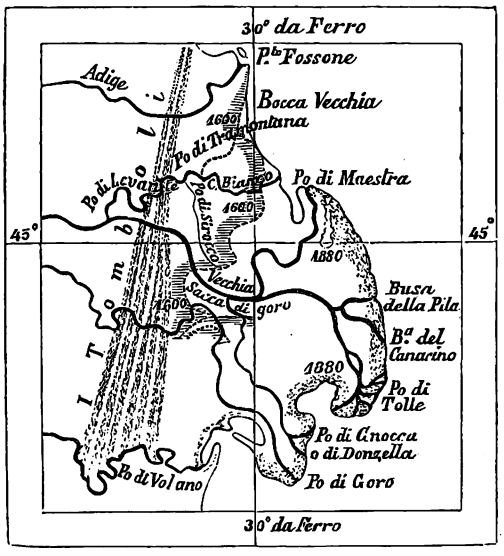


Fig. 281. — Foci e delta del Po prima del 1600 e dopo il 1880, nella scala di 1.370:000.

NB. Le linee punteggiate e tratteggiate segnano i rami e le foci del Po prima del 1600.

neate dune di sabbia (i Tomboli), che da Brondolo, per Contarina, corrono verso Codigoro.

Questo fatto mostra come sia tutt'altro che trascurabile il crescere dei delta e il guadagno di suolo ch'essi fanno continuamente sul mare. Forse il più rapido ad avanzare è quello del Terec nel Caspio, che non guadagna meno di 500^{m} all'anno; ma dopo di esso notasi un forte salto. Così lo stesso Mississippì protrae la propria foce in ragione di 80^{m} all'anno; ma in modo però che l'avanzamento non è eguale per le tre foci principali. Difatti il passo Sudovest cammina colla velocità di 103, il passo Sud con quella di 85, finalmente il passo Nordovest con quella di 40^{m} all'anno. Il Po, più che per diversità di avanzamento tra foce e foce, quantunque non manchi nemmeno questa, è celebre per mutazioni e nella direzione del suo corso principale e nella rapidità di avanzamento da epoca ad epoca (1). Nell'età geologiche anteriori all'attuale il mare occupava gran parte della valle padana con un golfo profondo e stretto il cui thalweg probabilmente è segnato dal presente corso del Po fin sopra Ferrara. Le prime notizie storiche però ci avvertono che, 20 o 25 secoli fa, la prima biforcazione del Po cominciava a monte di Ficarolo e che (pure sboccando, come da Plinio sappiamo, per 5 foci) il ramo principale suo era quello che scendeva a scirocco verso Ravenna, cioè, secondo ogni probabilità, il Po di Primaro (Fig. 282 a pag. 432), e tale esso rimase fino alla rotta della Stellata o meglio di Ficarolo, avvenuta nella seconda metà del secolo XII. In seguito ad essa, senz'abbandonare il ramo di Primaro, formò od accrebbe il cosidetto Po di Venezia, che poscia, nuovamente ramificato, diede origine al Po di Goro e al Po delle Fornaci. Questo, a cui si deve l'interrimento delle lagune d'Adria, si suddivideva ancora nei tre Po di Tramontana, di Levante e di Scirocco, finchè il taglio di Porto Viro non ne rivolse il corso verso la *sacca* di Goro, chiudendo il Po di Tramontana, e immettendo il Canal Bianco nel Po di Levante. D'allora in poi tutti gli sforzi dei Veneziani furono rivolti ad aumentare la portata dei rami meridionali, specialmente del Po della Donzella o della Gnocca e del Po di Tolle. Attualmente quest'ultimo è il ramo principale e più potente dei cinque rami padani di Volano, di Goro, di Tollo, della Gnocca e di Maistra. Quest'ultimo, potente ancora a principio del secolo, va sempre più colmandosi. Il ramo di Tolle poi presenta non meno di sette foci delle quali finora è prevalente la meridionale, ma pare vada sempre più ingrandendosi la Busa della Pila o il ramo di tramontana del Po di Canerino, e ciò specialmente in seguito alla piena del 1872.

Per quanto poi giovi procedere assai riguardosi nel determinare la rapidità di avanzamento di un delta fluviale, la storia del Po, a noi nota, permette che si possano fissare alcuni numeri almeno approssimativi, destinati a rappresentarne il valore. Così, secondo Scilace (circa 500 a. Cr.), la città di Spina sorgeva a 20 stadî (3700^{m}) e, secondo Strabone, (contemporaneo al cominciamento dell'era volgare) a 90 stadî (16500^{m}) dal mare, e oggi, se, come sembra, il luogo dov'essa era fabbricata corrisponde ad Argenta, dista dal Porto di Primaro, antica principale foce del Po, almeno 38 o 39 chilometri. Così al tempo della rotta di Ficarolo il Po batteva alle dune di Contarina; nel 1578 il bosco di Mesola era in riva al mare e allora la sacca di Goro si trovava forse 18 chilom. a monte dell'attuale;

(1) Lombardini, qua e là nelle opere citate; — Bocchi, *Trattato*, ecc., qua e là. — Per quanto concerne il delta padano, ci siamo specialmente serviti della *Carta Costiera dall'Adige al Faro di Goro*, 1868-69, Scala da 1 a 100,000, public. nel 1877 dall'Ufficio Idrogr. della R.ª Marina.

Digitized by Google

un secolo dopo essa si trovava in dirittura al casale di Goro; un altro secolo dopo eccola oltrepassare Gorino, adesso lasciato indietro di 5 o 6 chilometri. Talchè possiamo stabilire che gli avanzamenti delle foci principali del Po, in varie epoche sieno i seguenti:

Periodo	Avanzam. annuale delle foci del Po; metri.
Dal 500 a. Cr all'era volg. . .	c^a. 25.5
dall'era volg. al 1200 c^a . . .	» 18.5
dal 1200 al 1600	» 25.0
» 1600 ad oggi	» 70.0

Giova però avvertire che coi numeri ora esposti non s'intende di esprimere l'avanzamento complessivo del delta padano, il quale, in tal modo, nell'epoca storica, anzi nel decorso di meno che 24 secoli, avrebbe camminato di oltre 64 chilom., cioè avrebbe guadagnato tutto lo spazio che sta tra Ferrara e Rovigo da un lato e il mare dall'altro; ma designamo soltanto i guadagni fatti dalle singole foci. In realtà però, fra il 1200 e oggi, è difficile negare che la conquista compiuta dal Po sul mare non comprenda tutto quel tratto di delta

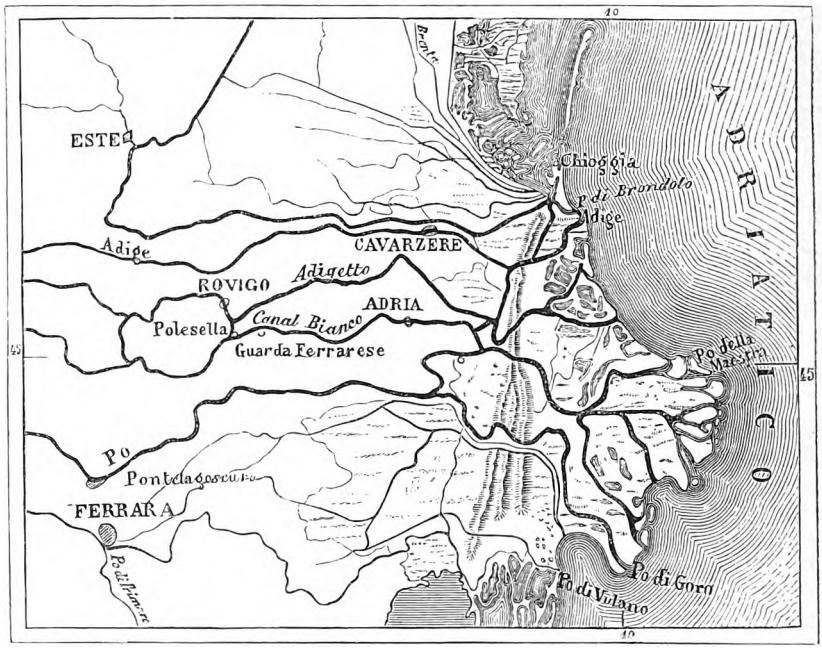


Fig. 282. — Foci e delta del Po nel 1850, sec. Lombardini e Rèclus.

che verrebbe abbracciato da una linea quasi retta condotta da Brondolo a Volano e che sarebbe quindi esteso suppergiù 300 chilom. quadrati.

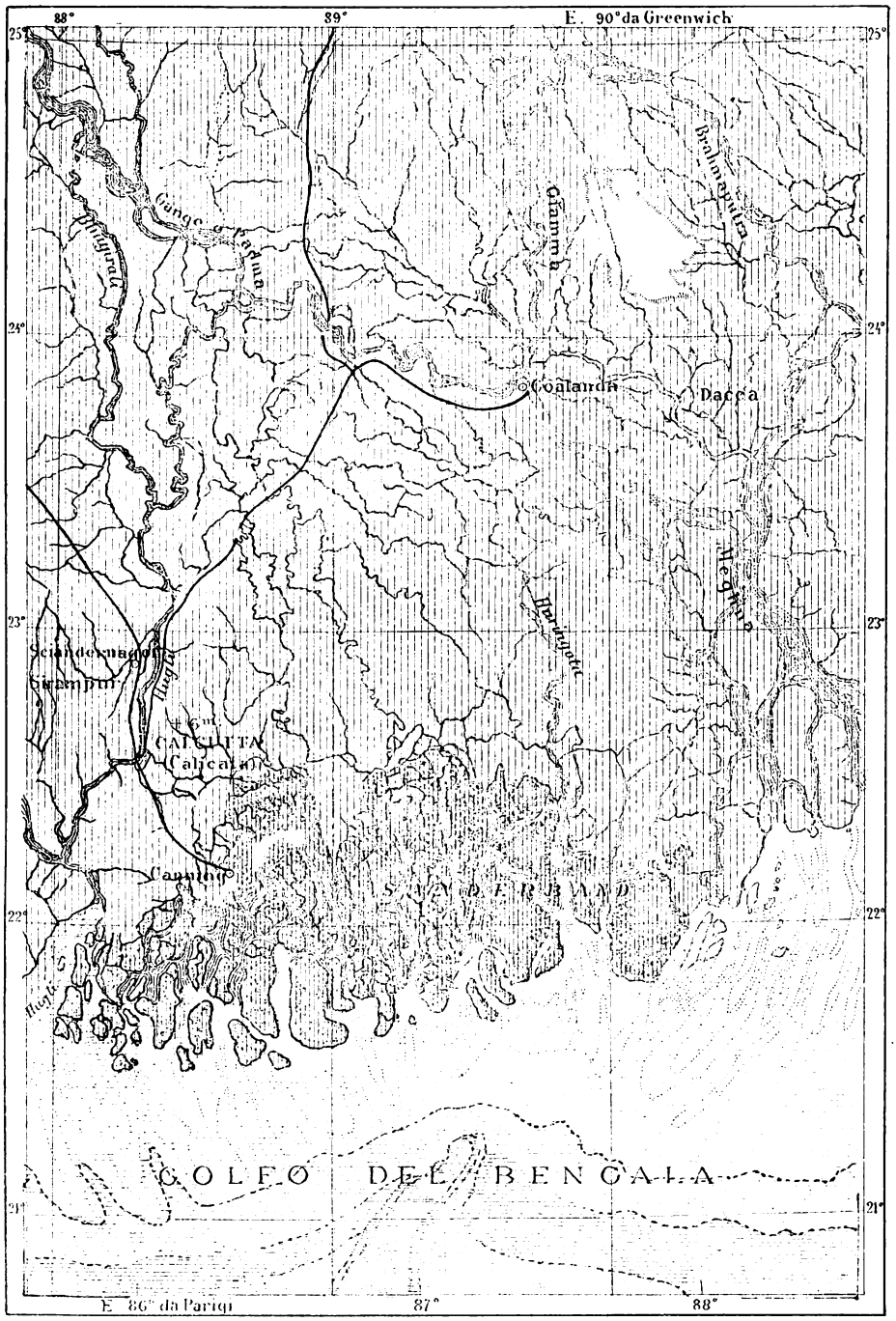
Il Credner poi da varî autori raccolse altri dati riferibili allo stesso soggetto. Eccoli:

	Avanzam. annuale metri
Rodano (dal 1737)	58
Eufrate e Tigri (1793-1853)	54
Hoangho (220 a Cr.-1730 d. Cr.) .	30
Peiho (dopo il 500 d. Cr.)	24
Danubio (1857-71)	12
Arno (da 800 anni)	6
Danubio (Sulina) (1842-57)	4
Nilo	4
Tevere (Ostia).	3
Herault	2
Seihun (12 anni) nell'Asia minore . .	2
Tevere (Fiumicino)	1

Gli accrescimenti ora accennati, per quanto siano lenti, non possono coll'andar dei secoli non costituire delle formazioni veramente potenti e tali da diventare importantissime nella economia generale del globo. Vi sono alcuni delta addirittura colossali. Quello del Gange e del Brahmaputra, per es., ha sulla fronte una larghezza di ben 322 chilom., contro una lunghezza di 354, e s'estende sopra una superficie di 82600 chilom. quadrati, cioè sopra uno spazio ben maggiore di tutto il bacino del Po. L'area del delta, a zampa d'oca, del Mississippì, largo 300, lungo 320 chilom., non abbraccia più di 32000 chilom. quadr., e quello regolarissimo del Nilo, largo 208, lungo 171, si stende su 22000 chilom. quadr., perciò poco meno di quanto è estesa la Sardegna. Minori aree occupano quelli del Danubio, quello

Digitized by Google

DELTA DEL GANGE



Terreno alluvionale *Territori ogni anno innondati*

Profondità

da 0 a 10 m | da 10 a 50 m | da 50 a 100 m | da 100 a 150 m | da 150 a 200 m | da 200 a 500 m

1 : 2.544.000

Chilom.

Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

del Rodano e quello dell'Aude, estesi rispettivamente 2600, 750 e 200 chil. quadrati.

Il delta del Po, misurato fra le foci attuali di Goro e della Maistra, presenta una corda lunga 22 e una fronte curvilinea sviluppata circa 34 chilom., che salgono a 44, qualora si seguano le varie insenature della spiaggia. Aggiungendo le spiagge che stanno fra Po di Volano e di Goro (16 chilom.) da un lato, e Po di Maistra e di Levante (10 chilom.) dall'altro, si trova uno sviluppo di dettaglio della fronte padana pari a 70 chilometri. Supponendo che il delta attuale abbia principio a Santa Maria in Punta, cioè al principio del Po di Goro, due rette condotte da quel punto alle foci di Maistra e di Goro avrebbero una lunghezza rispettiva di 28 e di 31 chilom.; per cui l'area triangolare, compresa fra esse e la fronte del delta, sarebbe di 430 o 440 chilom. quadrati. È certo però che la sommità dell'estuario, ora colmato, del Po, se non in epoca storica, certamente in un periodo non molto anteriore ad essa, doveva trovarsi intorno a Ferrara, all'origine del Po di Volano, cioè a distanza di almeno 70 chilom. dall'estremità attuale del delta. Anche escludendo da esso le valli di Comacchio, lo spazio compreso tra Ferrara, il ramo di Volano, quello del Po Grande dapprima e del Po di Venezia (per quanto a creare quest'ultimo abbia concorso l'arte umana) dappoi, non si può stimare a meno di 950 o 1000 chilometri quadrati.

A questi numeri noi non possiamo attribuire se non un valore assolutamente approssimativo, perchè a costituire e a modificare il delta padano e ad alterarne i confini s'associarono forze molteplici e svariate, cominciando dai fiumi ad esso contermini e che con direzione convergente o parallela concorrono allo stesso mare, e terminando coll'azione umana, pronta qui da secoli ad opporre ostacoli al libero corso del fiume, a creare diversivi, a favorire piuttosto uno che un altro modo di suo procedere. Aggiungasi che, a rimaneggiare in varia guisa il delta padano, concorre una causa non sempre a sufficienza apprezzata. La esistenza nell'Adriatico di un moto radente, che risale il golfo lungo le coste dalmate e istriane, e lo discende lungo le coste venete e romagnole, parrebbe che dovesse produrre nei fiumi veneti una tendenza a piegare le loro foci verso il ponente o il libeccio o verso mezzogiorno, e quindi nel Po a protendere il suo delta nello stesso senso. Ora non avviene niente di ciò: i fiumi veneti (Tagliamento, Piave) piegano o spostano le loro foci a levante, e la storia del Po è tutta intera a mostrare la sua notevole tendenza verso tramontana. Nè si può opporre che adesso il ramo più potente del Po è quello di Tolle e che negli ultimi anni la protrazione maggiore è quella di Goro, il che farebbe pensare a uno spostamento nel senso della corrente litorale. In realtà siffatta recente piega del Po è una conseguenza di grandi lavori umani, come il taglio di porto Viro del 1604 e l'artificiale accrescimento delle portate (compiuto dal Lorgna nel 1770 e rinnovato intorno al 1840) del Po di Goro e del Po di Tolle, a quali lavori dovettero ricorrere i Veneziani, per salvare le loro lagune dalla minacciata invasione del Po, ovvero almeno da quella dell'Adige, respinto da quel massimo dei fiumi italiani. La naturale tendenza del delta padano a spostarsi verso sinistra o a tramontana probabilmente proviene da due cause: l'una sta nell'interrimento e nella spinta che il Po riceve dagli affluenti apenninici che, coll'averlo cacciato dall'antico letto di Primaro, coi danni portati alle lagune di Comacchio, al Po di Ferrara e di Volano, non hanno totalmente perduto il loro vigore; l'altra nei venti dominanti di sirocco e di levante e nel flutto corrente ch'essi determinano e che assume una notevole potenza nei fortunali e nelle burrasche.

Intorno al delta del Rodano (1) abbiamo le antiche descrizioni di Polibio, di Strabone e di Tolomeo, il che permette di rifarne la storia per un periodo di poco più breve di quello del Po. Dall'epoca gallo-romana ad oggi quel fiume protese il suo delta nel mare in ragione di circa 12^m all'anno, guadagnando così da 250 a 300 chilom. quadrati di terreno. (Fig. 283).

Delle sette od otto bocche menzionate dagli antichi, adesso ne rimangono due: quelle del Petit Rhône e del Gran Rhône, pel quale ultimo da forse due secoli si scarica la maggior parte delle acque ($i\frac{4}{5}$) e quindi delle copiose torbide che il fiume convoglia e che oggidì non si reputano (Réclus) a meno di 21 milioni di metri cubi all'anno. Le arginature superiori generarono poi negli ultimi secoli un fortissimo incremento nella protrazione della foce, talchè dal 1737 in poi la foce del Grand Rhône s'è avanzata di 8 chilometri, cioè in ragione di 56^m all'anno

(1) Martins Ch., *Topographie géolog. des environs d'Aigues Mortes.* in *Bull. de la Soc. de Géogr. de Paris*, 1875. vol. I, pag. 111 (Cafr. anche *Revues des deux mondes*, 1874, pag. 780); — Réclus, *Nouv. Géogr. Univ.*, II. pag. 237.

Digitized by Google

in media, accrescendo notevolmente l'estensione della Camargue, l'isola principale del delta. Del resto anche il Rodano ha mutato più volte corso ai suoi rami maggiori, e anch'esso presenta, come il Po, dei bracci abbandonati, com'è quello del Rhône Mort, appena al di là del Petit Rhône, che menzionammo. Così Timeo gli attribuisce 5 bracci, Polibio 2, Artemidoro 3, Plinio pur 3, e di essi il più grosso, come oggi, a levante. Una carta geografica del 1591 considera due rami principali: uno, l'orientale, diviso in altri 2, l'occidentale in 4, le cui traccie sono tuttora riconoscibili in certe paludose depressioni del suolo. Nel 1711 il grande Rodano prese ancora un nuovo dirizzone, che tuttavia conserva.

Il delta del Gange (1) è pure importantissimo per la storia di siffatte formazioni (V. *Tavola XII*). Gli scienziati più stretti alla distinzione convenzionale di delta lacustri, mediterranei ed oceanici, lo considerano come tipo di quest'ultima categoria, quale un *delta di ritorno*, incapace di guadagnare terreno sul mare, specialmente grazie all'effetto delle potenti maree e delle onde di rigurgito, che ne provengono. Difatti quel suo più importante braccio occidentale, l'Hughli (Hougli), viene risalito giornalmente da un'onda di rigurgito (masca-

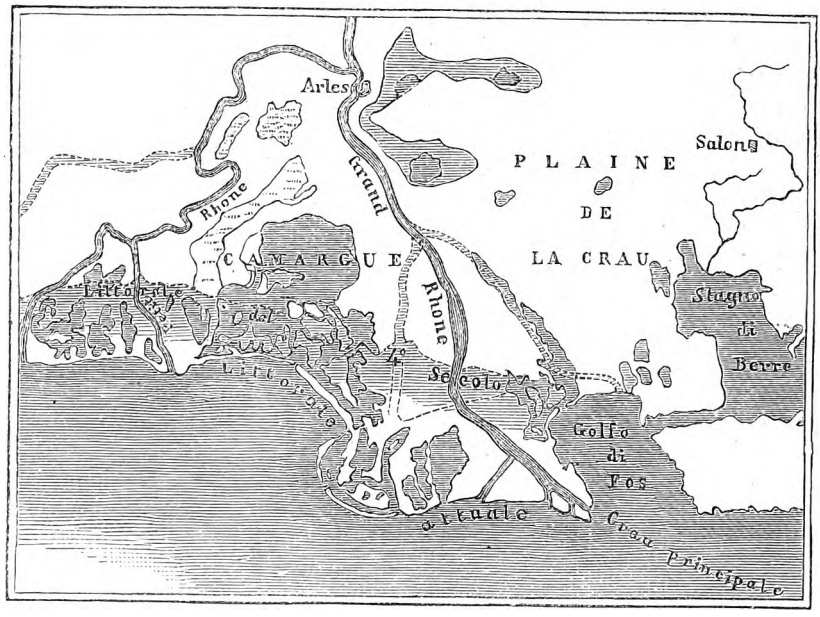


Fig. 283. — Delta del Rodano nel IV secolo e attualmente.

ret) che, quasi un enorme scaglione mobile, elevato 2^m, ricorre il fiume colla forte velocità di 8^m al secondo (Fig. 284). Più notevole di gran lunga è l'onda nel braccio della Meghna, che è per portata il massimo tra gl'infiniti canali che traversano il delta, poichè ivi il rigurgito talvolta presenta un' onda elevata perfino 6^m e dotata della velocità di circa 7^m al secondo. Ma più che a queste potenti ondate, così pericolose ai navigli, così dannose alle rive, che percuotono con immenso fracasso, la demolizione dell' edificio di limo e di sabbia, che Gange e Bramaputra van d'accordo costantemente fabbricando all'estremità del vastissimo Sanderban (che così si chiama quella « mesopotamia »), è dovuta alle terribili burrasche dell' oceano Indiano. E accanto a queste cause, e forse per la sua perpetuità più potente di tutte, sta il lento deprimersi del suolo, che seppellisce o tenta di seppellire sotto le onde gl' interrimenti fluviali; poichè il delta gangetico spetta, come quello del Po, come l'estuario dell'Amazzoni, ad una fra quelle aree di depressione delle quali parlammo e parleremo daccapo. Il che non toglie tuttavia che, se la parte occidentale del delta si debba ritenere stazionaria, almeno nei tempi moderni, in realtà nuove isole e continue modificazioni costiere e un vero avanzamento non si manifestino alle foci del Meghna e nel golfo di Gittagong (Djittagong), dove concorrono particolarmente i tributi del Bramaputra.

Anche qui, come già nel delta padano, notasi il fatto che la sommità del delta, cioè

(1) Réclus, *Nouv. Géogr. univ.*, vol. VIII, pag. 315 e seg.

Digitized by Google

la prima e superiore sua biforcazione è andata spostandosi a valle, dacchè le rovine di Gaur, presso alle quali essa veniva segnalata, distano dal vertice odierno del delta almeno 28 chilometri. Ma a questo s'arrestano le somiglianze, poichè il delta gangetico differisce dal padano, come da qualsiasi altro delta del globo, oltre che per le dimensioni, altresì per l'infinito frastagliarsi e ramificarsi dei suoi canali, tormentati, come diuturnamente sono, dai flussi e riflussi, nonchè per quella vasta formazione boscosa del Sanderban, uno spazio esteso forse 20,000 chilometri quadrati, cioè pocomeno della Sicilia, che, come avverte il Réclus, costituisce una specie di « terreno neutro appartenente alla terra per la vegetazione, all'oceano per l'acqua marina », che vi penetra d'ogi parte, che lo domina, che lo allaga, che lo rimaneggia a sua posta; sede di una flora e di una fauna meravigliosa, e sopratutto fomite di tristissime febbri miasmatiche e patria e culla di uno fra i peggiori flagelli che desolino ogni qual tratto l'umanità, del colera.

Quanto studiato, altrettanto curioso per particolarità sue proprie è il delta del Missis-

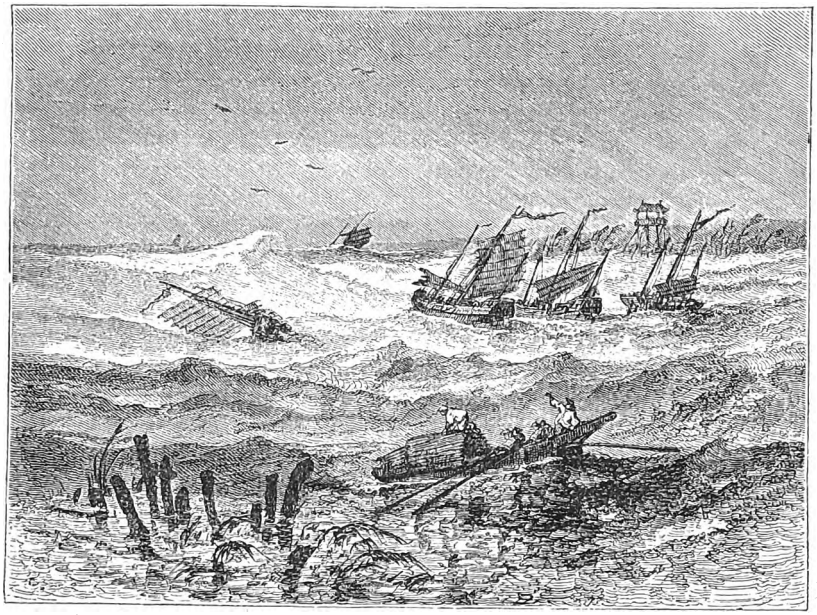


Fig. 284. — Onda mareà di r'gurgito alla foce del Garge.

sipì (1) (Fig. 285 e *Tav. XIII*). Se si volesse abbracciare tutto il terreno alluvionale importato da questo « padre delle acque », bisognerebbe rimontarne ben lungamente il corso. Le prime diramazioni sue cominciano presso Báton Rouge, cioè poco a valle del confluente del « fiume rosso » o Red River, nella Luigiana, e cioè col distacco dell'Atciafalaia (Atchafalaya) dal tronco principale del fiume. Però può nascere il dubbio se l'Atciafalaia, piuttosto che un braccio del Mississippì, non sia una prosecuzione del Red River accennato. La regione frastagliata e palustre, intersecata da canali e da terre acquitrinose (cyprières), inferiore a tal punto, si considera come delta del Mississippì, quantunque il delta attuale e di recente formazione si debba giudicare come costituito da quella vera « zampa d'oca » che le sue gettate inferiori formano a valle di New Orleans o meglio forse al Fort S. Philip. Anzi il Réclus vorrebbe limitarlo soltanto all'estrema triplice (Fig. 285) gettata, che s' inoltra nel golfo del Messico inferiormente all'Head of the pass, o alla Testa dei passi, la *Fourche des passes* dei francesi. Il Mississippì sfocia in un mare a maree poco sensibili, paragonabili cioè a quelle del Mediterraneo. Questo parzialmente spiega il fatto di un avanzamento così notevole delle sue foci, come quello che noi anteriormente notammo. Ma, a renderlo così cospicuo, concorrono anche due fatti: quello delle grandiose arginature, colle quali in questo secolo vennero munite le sue sponde e più ancora quello dei rapidi disboscamenti

(1) Rèclus, *La Terre*, 1.ª ediz., pag. 491.

Digitized by Google

che l'avanzarsi della civiltà arrecò nel suo bacino superiore. Del resto, anche senza l'intervento umano, quel fiume è conosciuto per le rapine enormi di alberi ch'esso strappa nelle piene alle rive contermini. Convogliate alle foci, queste masse vegetali, mescolate alle melme fluviali, s'accumulano ai lati, dando

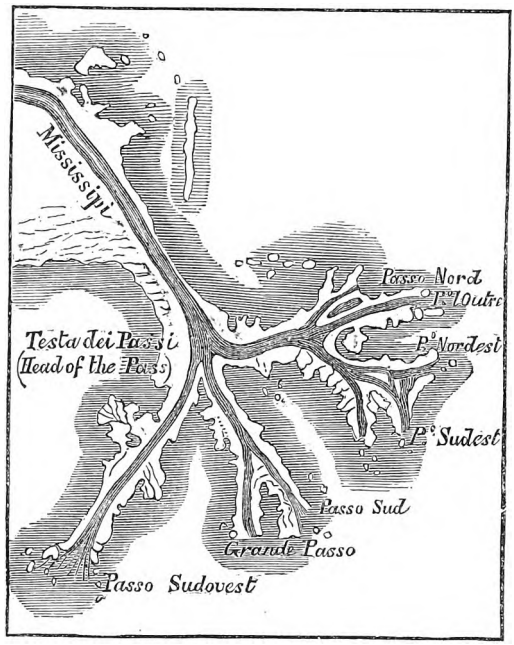


Fig. 285. — Delta del Mississippi.

probabilmente origine ai *mudlumps* (Fig. 286). Così quivi si chiamano alcune isole di fango che, alte da 2 a 6^{m}, sorgono nel mezzo o a poca distanza dalla barra, in forma di tumuli

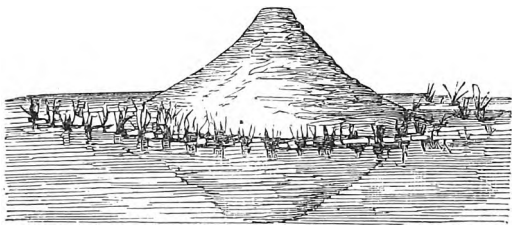


Fig. 286.— *Mud lumps* o montagnole di fango nel delta del Mississippi.

conici, dai quali escono delle emanazioni di gas idrogeno carburato. Distrutti a mezzo d'una mina, dan posto a una cavità imbutiforme. Se poi essi siano prodotti unicamente dallo sviluppo di gas svoltisi necessariamente da così potenti depositi organici, o da altre cause, è difficile dirlo.

Anche volendo ritenere l'Atciafalaia e gl'infiniti e mutabili *bajù* (1) delle *cyprières* occidentali quali altrettanti rami del fiume, fra essi e il ramo principale v'è tale una differenza di ampiezza di letto e di portata, che fino all'*Head of the passes* esso si può considerare quale tronco unico del Mississippì. Così, quasi indivise le forze, i risultati diventano giganteschi. La profondità del fiume di solito corrisponde a 40^{m}, in qualche luogo raggiunge anche i 60^{m}, per poi gradatamente diminuire fino a 10 o 12^{m} e anche meno (a 3 o 4^{m}) alla barra.

La gettata complessiva con cui esso si protende sul golfo, non si può ritenere minore di 90 chilom. in linea retta. Ma le tre gettate, nelle quali da ultimo si divide, presentano lunghezze variabili fra 18 e 25 chilometri. La foce più lunga, l'occidentale o Passo Sudovest, procede rettilinea e sottile in un solo filone; la centrale e più breve, allineata sul prolungamento della direzione del fiume, si divide nel Grande Passo e nel Passo del Sud, mentre l'orientale e più complessa presenta parecchie diramazioni: il Passo del Nord e il Pass á l'Outre a settentrione e i Passi del Nordest e del Sudest a mezzogiorno; senza notare una serie di minori *bajù* che tagliano specialmente quest'ultimo passo.

Queste gettate, sottili ed esili, sono costituite da un suolo così mobile e poco compatto che ad ogni urto delle acque si scuotono, si trasformano, si demoliscono. Soltanto nelle parti relativamente più assodate un arbusto, un rosaio, la miegea macrosperma, potè farvi attecchire le proprie radici, cooperando così a fissare il suolo, mentre le piccole abitazioni di legno, che i bisogni della navigazione han fatto sorgere su quelle sponde senza coesione e campate sull'acqua, sono ancorate a guisa di navi. Più ci avviciniamo alla foce e più le rive del fiume s'assomigliano a un cordone di mota rossastra, da ultimo frequentemente interrotta e che poi si stende galleggiante alla bocca del fiume, seguendone la corrente per forse ancora una ventina di chilometri.

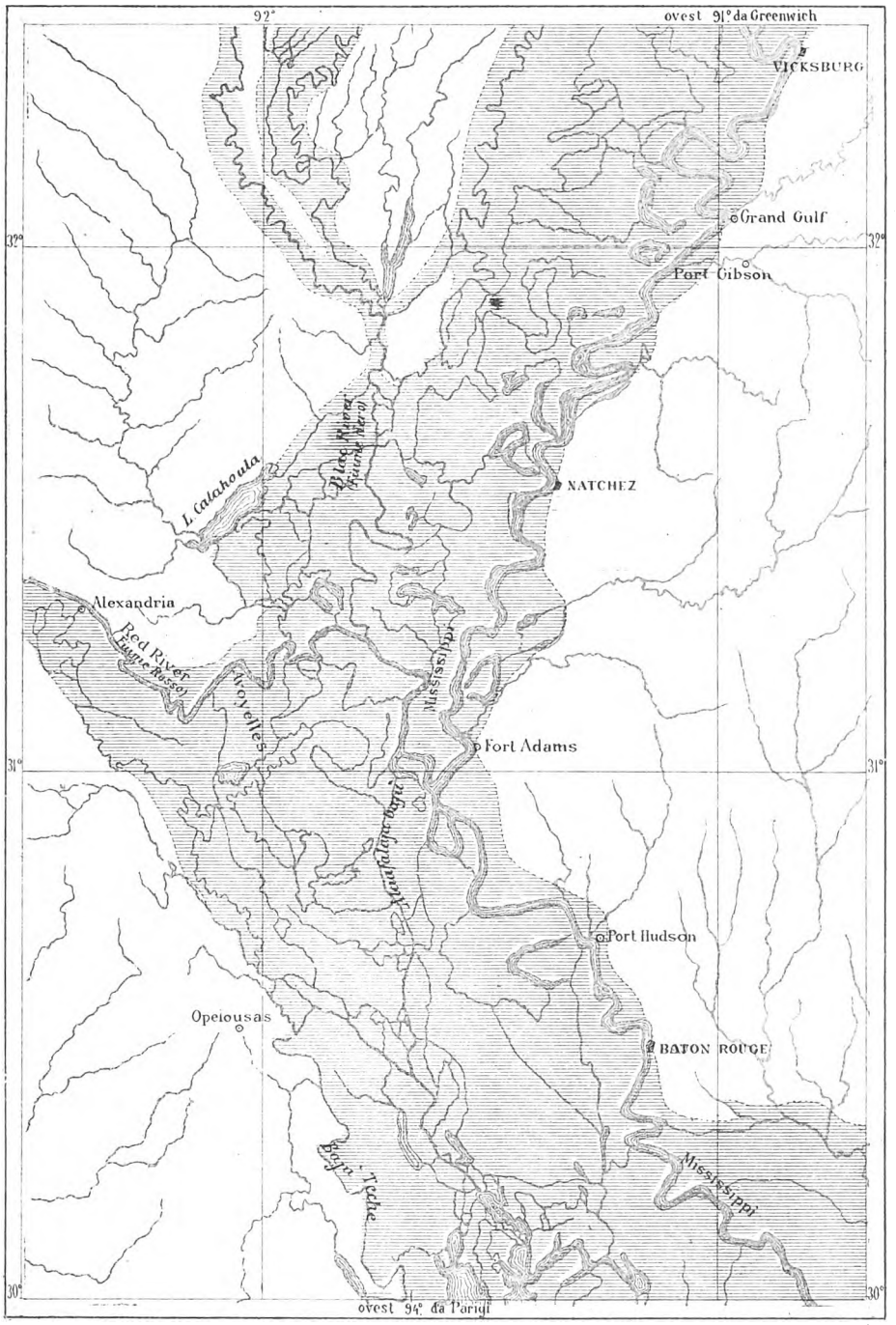
Un tempo si esagerava senza misura l'influenza che le torbide del Mississippì dovevano produrre sul fondo del golfo del Messico, che nella direzione delle foci si diceva profondo al maximum 3 o 400 metri. Dopo le ultime

(1) Con tal nome (*bayous*), forse derivato dal francese *baie*, i Yankees degli Stati Uniti designano i canali (marigots) di un delta, con analogia al vocabolo *bahia*, adoperato nello stesso senso nell'Argentina.

Digitized by Google

Tav. XIII.

MEANDRI DEL MISSISSIPPI



Milano, Studio Litº Porati — Casa editrice Dottor Francesco Vallardi — S. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

misure batometriche condotte dagli Americani in quel golfo, la cosa apparisce diversa (1) ed è impossibile insistere in tal ordine d'idee. L'influenza delle deiezioni del fiume cessa a 5 o 6 chilom. dalla foce, dopo i quali il fondo marino scende lento dapprima, poi molto più rapido a 50, a 100, a 500^{m} ed anche a profondità maggiori. I profili seguenti (Fig. 287),

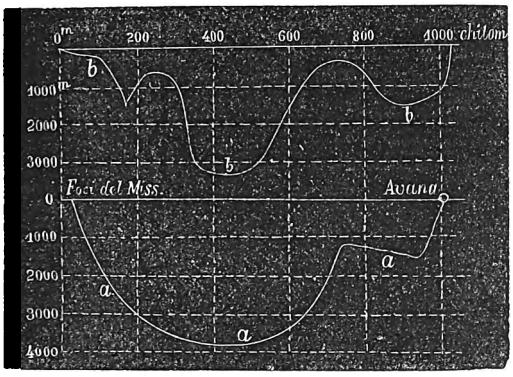


Fig. 287. — Profili delle profondità nel golfo del Messico (*a*) tra la foce del Mississippi e l'Avana; (*b*) lungo una linea posta a levante di detta foce.

dei quali uno (*a*) condotto lungo la linea nella quale sfocia il Mississippi, e l'altro (*b*) alquanto a levante e fuori di detta linea, mostrano evidente la scarsa influenza degl'interrimenti del Mississippi sul fondo del Golfo, per quanto alcuni saggi delle fanghiglie raccoltevi, anche a molti chilometri dalla foce, possano ritenersi di provenienza fluviale.

Anche intorno allo spessore o, come dir si voglia, alla *potenza* dei depositi fluviali che costituiscono il delta del Mississippi, gli studi compiuti nell'ultimo quarto di secolo modificarono le idee esagerate d'altri tempi. Dapprima pareva che fossero nella totalità costituiti da fanghi di acqua dolce quei depositi, che per 161 e anche per 183^{m}, erano stati perforati da due pozzi artesiani; ma poi si conobbe che in parte erano argille, sedimenti, marini più antichi, probabilmente terziarî, talchè la potenza dei depositi fluviali recenti pare generalmente oscillare fra i 10 e 15^{m} e in qualche caso raggiungere appena i 30^{m}, con molta analogia con quanto s'è riscontrato nei delta del Nilo e del Gange. Anzi l'analogia è massima con quest'ultimo, dove un pozzo scavato tra il 1835 e il 1840 al Fort William presso Calcutta, e spinto a 177^{m}, fino a 18^{m} c., diede solamente depositi fluviali e recenti, torbe, conchiglie e fanghi d'acqua dolce, ma poi mostrò l'esistenza di un substratum di calcari argillosi, sabbie, arenarie, conglomerati e simili formazioni, che meritarono i nome di " estuarine" e che dovettero realmente essere giudicate di origine marina.

Tale non è tuttavia la condizione di tutti i delta. Così i pozzi praticati nelle alluvioni inferiori del Reno e spinti fino a 60^{m} e quelli forati presso Aigues Mortes nella piccola Camargue, spettante, com'è noto, al delta del Rodano, fino a 100^{m} mostrarono un'alternanza continua di sedimenti unicamente fluviali, senz'alcuna mescolanza di materiale marino. Nel delta padano proprio, per quanto sia noto a noi autore, non si fecero assaggi del sottosuolo a grandi profondità; ma se ne fecero invece a Mestre e a Venezia (1), dove, prescindendo dai più antichi, nel 1847 si scavò una serie di pozzi artesiani a profondità varie da 39 (Mestre), e 60 (ai Sabbioni, a S. Leonardo, a S. Polo e a S. Francesco), a 100 (a S. Stefano e ai santi Apostoli), a 135 (a Santa Maria Formosa) e persino ad oltre 172^{m}(a Cà di Dio). I saggi del materiale costituente il sottosuolo veneto, così portati alla luce da questi pozzi, mostrarono com'esso sia formato da continue alternanze di sabbie fluviali, di argille torbose, di torbe propriamente dette, di conchiglie fluviali e lacunari, in una parola da depositi alluvionali senz'alcuna roccia in posto, ciò che permette di ritenere che per la costituzione di tutto quel rilevante strato, spesso 172^{m}, sia stata continua quella stessa lotta tra il fiume ed il mare, che tuttavia presiede alla formazione del delta, e che quella zona sia stata successivamente e a parechie riprese laguna, palude, maremma, terreno sabbioso di colmata, torbiera, e così di seguito. Per analogia, anche nel delta stesso del Po, probabilmente collocato sulla linea di massima depressione della vallata, la potenza del terreno di alluvione o, se ci si permette la frase « deltigeno », si può arguire essere poco lontana da 200^{m}. Nè così forte spessore verticale poi può essere esplicato altrimenti che accettando la ipotesi, già da altri moltissimi fatti avvalarata, che il suolo veneto, da età remotissime, vada lentamente abbassandosi. Si badi però che l'abbassamento dei terreni alluvionali può provenire per

(1) Cafr. G. Cora, *Curve batometriche nel golfo del Messico*, Sc. 1:9,600,000. In « Cosmos ». 1880-81. vol, VII, pag. 432.

(1) Omboni, *Le nostre Alpi e la pianura del Po*, Milano, Maisner, 1879; — Nardo G. D, *Su uno straordinario rigurgito*, ecc.. in *Atti dell'Istit. Veneto di Sc.* ecc., vôl. XI, seri e III,1866.

Digitized by Google

due cause, cioè sì per adattamento degli strati soffici e grazie al peso che i superiori esercitano sui sottostanti, o anche grazie a processi chimici che in questi ultimi hanno luogo, sì per vera depressione del sottosuolo che sostiene tutto l'apparato alluvionale. Il delta padano è teatro di entrambi le depressioni, delle quali la prima è comune a tutti i terreni d'alluvione. Ora, un protendimento delle foci del Po, così notevole come quello da noi riscontrato, diventa a cento doppi più importante, sapendo com'esso debba essere contrastato dalla depressione del sottosuolo. È il contrario di quanto accade sulla opposta spiaggia della Dalmazia, dove il delta, già in altri tempi fertile, della Narenta è stato convertito dal mare in una regione palustre e malsana, fornendo al geografo uno fra i pochi esempi di delta che forse è destinato alla distruzione, com'è già succeduto secondo ogni probabilità di quelli dell'Eider, dell'Elba, del Weser, dell'Ems, spettanti essi pure ad una zona di depressione.

Le ricerche recenti mostrarono che anche al fatto della distribuzione geografica dei delta si deve annettere una certa importanza. Dei 143 delta, fra marittimi e lacustri, annoverati dal Credner (1), 54 spettano all'Europa, 56 all'Asia, cioè alla due regioni più ricche di golfi e di coste, 17 all'America, 12 all'Africa e 4 soli all'Australia e Polinesia. Più importante ci sembrerà il fatto che, presi i 145 sistemi fluviali più importanti, 70 fra essi, cioè suppergiù la metà, appariscono forniti di delta, gli altri di estuario aperto, ma in modo però che il numero delle foci a delta appaiono molto più numerose nei fiumi a corso più lungo, che negli altri. Così dei 74 fiumi che presentano un corso superiore a 1500 chilom., ben 48 sono forniti di delta; mentre le foci dei 71 fiumi più brevi di 1500 chilom., appena in 22 casi presentano tale apparato. Dei 143 delta sovraricordati soltanto 110 sono marittimi, e precisamente 45 spettano a costiere di mari aperti e 65 a mediterranei. Dei 33 delta lacustri 17 spettano a laghi forniti di emissario e 16 a laghi senza scaritatore esterno.

È singolare ancora la predilezione dei delta, o degli estuarî, per una od altra regione del globo. Ad esempio, le terre australi sembrano poco propizie alla formazione dei delta, come può insegnarlo un'occhiata alle foci del Murray e del fiume dei Cigni in Australia, del Limpopo, dell'Orange, del Cunene in Africa, del Colorado, del rio Negro, del rio Chupat, e del Desire nell' America meridionale, pur prescindendo dal maggiore estuario platense. Così, in uno stesso continente, alcune coste dànno luogo ad una formazione successiva di delta, altre a foci allargate, altre ancora a foci solitarie e ristrette. Così nell'Africa i delta predominano nella costiera occidentale fra Niger e il il Congo, nell'orientale fra il Zambesi e il Nilo; così le foci ristrette nella costiera settentrionale algerina e marocchina e nelle parti australi; le foci ad estuario lungo le coste occidentali della Senegambia e della Sierra Leona. Così nell'Europa i $\frac{4}{5}$ dei delta marittimi spettano al bacino del Mediterraneo, dove, fra il delta dell'Ebro e quello del Cuban nel mar Nero, non se ne annoverano meno di 30; mentre nell'Atlantico dalla Scandinavia a Gibilterra predominano tanto le foci dirette, di consueto allargate ad estuario, che in tutto quel lungo tratto forse un solo fiume, il Reno mostra una tendenza a conformare la sua foce a delta. Analoghe alternanze si potrebbero trovare nelle due Americhe, dove le formazioni deltiche son quasi esclusive della porzione centrale fra il piccolo delta dell'Appalachicola a nord e dell'Orenoco a sud, e nell'Asia, dove le sezioni costiere, nelle quali il delta predomina, sono almeno tre: cioè una prima bengalese e siametica fra il Colerum e il Chistna a ponente e il Tongchiang e l'Hanchiang a levante; una seconda cinese fra il Jangcechiang a sud e il Lan-ho a nord; finalmente una terza costituita dai delta dell'Indigirca, del Jana e del Lena nella Siberia orientale. I delta dell'Indo e del Sat el Arabi son troppo isolati e lontani per poter esser messi in serie con altri.

6. Non occorre grande acutezza d'ingegno, nè spirito disposto ai confronti, per far rilevare l'antitesi esistente fra isole e laghi (1). Antitesi, che poi a sua volta si riduce in una certa analogia, specialmente nelle forme, tanto che questi sembrano per un momento quasi altrettante negative di quelle. Anzi l'analogia si spinge più in là. Difatti, trovata ragionevole

(1) *Die Deltas*, pag. 23.

(1) Réclus. *La Terre*, 5.ª ediz., vol. I. 527; vol. II 1.ª ediz. 173; — Kloden, oper. cit., pag. 578; — Supan, *Grundz. der phys. Erdk.*, pag. 372; — Stoppani, *Corso*, vol. II, § 1159; id. *L'Era Neozoica*, Milano, Vallardi Dottor Franc., 1882, pag. 206; — Peschel, *Phys. Erdk.*, I pag. 383, 384; II, pag. 314 e seg.; — Omboni, *Le nostre Alpi e la pianura del Po*, Milano, Maisner. 1879, qua e là; — Kant, opera cit., vol. V, pag. 120 e seg.

Digitized by Google

una divisione delle isole in continentali e oceaniche, non soltanto la medesima divisione vale per i laghi, ma, a classificarli piuttosto in una che in un altra categoria, giova moltissimo e talfiata si presenta criterio unico l'esame della vita, specialmente animale, che s'agita nelle loro acque, con perfetta somiglianza con quanto serve a caratterizzare le isole.

Realmente una vecchia divisione che risale almeno ai tempi del Kircher e del Varenio, e che si basa unicamente sulle condizioni idrografiche esteriori, classificava i laghi in quattro categorie a seconda che avessero o meno emissarî ed influenti, e quindi in: laghi senza

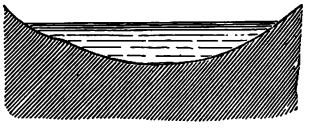


Fig. 288. — Lago di valle.

tributari e senza scolo apparente; con influenti e senza emissàrî; senza gli uni e senza gli altri.

I geologi, in tempi relativamente recenti, trovarono sovente possibile una classificazione dei laghi di montagna, basandola sulla natura stratigrafica della depressione in cui si ritrovano, onde la distinzione di laghi di *valle* (Fig. 288), di *chiusa* (Fig. 289) e di *comba* (Fig. 290). Realmente, anche senza essere

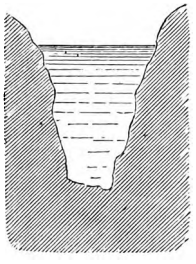


Fig. 289. — Lago di chiusa.

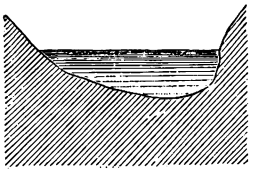


Fig. 290. — Lago di comba.

geologi, basta quasi sempre l'esame delle caratteristiche esteriori di un lago alpino per poterlo collocare in una o nell'altra di tali categorie. Così gli ammassi acquei che si raccolgono in una vallata longitudinale, frapposta a catene parallele e segnata da contorni dolci a curve regolari, sono laghi di *valle* (*mulden-seen* dei tedeschi). La loro profondità è scarsa e le rive, spesso palustri, scendono con lieve pendio uniformemente inclinate verso la parte centrale. I laghi di *chiusa* (*clusen-seen* dei tedeschi), svariati e pittoreschi, tagliano trasversalmente l'asse principale della catena dove si trovano (1); circondati da sponde strette, erte ed accidentate, scendono di consueto a profondità notevolissime. I nostri laghi Maggiore, di Como e di Garda ne offrono spiccati esempi. Le rive dei laghi di *comba* (*comben-seen* dei tedeschi) non si corrispondono tra loro; una fra esse scende lenta verso il fondo, la cui parte depressa si trova prossima alla sponda opposta diretta a piombo sull'acqua. Meno profondi dei laghi di chiusa e più che non quelli di valle, questi laghi occupano spesso il fondo di circhi o di anfiteatri alpini, onde presentano un aspetto di singolare attraenza. Non raro è finalmente che dei laghi più grandi e più contorti una parte spetti a comba e un'altra a chiusa, com'è il caso del lago dei Quattro Cantoni, e fino ad un certo punto anche del lago di Ginevra. Questi sono di consueto i più pittoreschi fra tutti.

Ma la origine dei laghi fornisce il soggetto ad una classificazione ancora diversa. E certo

Fig. 291. — Lago formato da ostruzioni.

che, per quanto concerne la formazione dei laghi, essa si può ridursi a due casi fondamentali: cioè, od a quello che esista una *depressione* nel suolo, dove vada a raccogliersi l'acqua che scola alla superficie, ovvero che, pur non preesistendo veruna depressione, questa vada a crearsi in seguito ad un'*ostruzione* (Fig. 291), ad un ostacolo qualunque che ritardi od impedisca il defluire delle acque; talvolta però l'ostruzione non fa se non aiutare la depressione. Una depressione del resto può anche prodursi sia rapidamente in seguito a terremoto, o ad altra causa consimile, o lentamente in seguito a tardo abbassamento del suolo. Il lago di Eib, nella Baviera, a nord dello Zugspitz, il lago di Oberbleg (lungo 650, profondo 100-270^{m}) nella Svizzera presso Glarus, sono esempi di formazione lacustre dovuta a uno scoscendimento interno del suolo. A terremoti è da attribuirsi d'altra parte l'origine dei numerosi laghetti formatisi presso New Madrid sul Mississippì, tra il 1811 e il 1812; quello di Gotachi nel-

(1) Sul significato delle voci *chiusa*, *comba*, ecc., vedi a pag. 415 dell'opera.

Digitized by Google

l'Equador sprofondatosi nel 1868; i 215 laghetti formatisi nella Calabria in seguito al terribile parossisma del 1783 (1).

A questa medesima origine sismica e rapida son probabilmente dovuti molti dei laghi craterici o vulcanici, quali quelli d'Averno, il Lucrino e il lago d'Agnano, che circondano lo splendido bacino del golfo di Napoli. A lenta depressione pare si debba riferire il formarsi del lago di Balaton o Platten nell'Ungheria, di Lough Nead nella Scozia, e del lago Vittoria nell'Africa centrale.

I laghi di *ostruzione* son numerosissimi. Vi appartiene anzi tutta la serie copiosa dei *laghi litorali*. Parlando dei delta, accennammo ai cordoni di dune, che sì per virtù delle correnti di terra, come per effetto delle onde marine, finiscono col formare un apparato litorale, capace d'intercettare una porzione più o meno notevole di mare e ridurla in laguna. Questa comunica col mare mediante quelle imboccature che vedemmo a Venezia chiamarsi porti; ma qualora l'interrimento continui, ecco che ogni comunicazione col mare vien chiusa e la laguna si converte in lago. Le coste adriatiche d'Italia presentano parecchi esempi di tali formazioni in varî stadî: le lagune di Venezia in uno stadio ancora lontano dalla chiusura; i cosi detti laghi di Lesina, di Varano e di Salpi, assai prossimi a meritarsi il nome loro imposto; il Salso, presso Manfredonia, pel quale pure il nome di lago non sarebbe male adoperato. Anche lungo l'istmo di Suez si trovano rappresentati i due stadi: nei laghi Amari e nella laguna di Menzaleh, della quale probabilmente la chiusura non si farà attendere per molti anni. Analoghi esempi son porti eziandio dal Loch Ewe nella Scozia, e dal golfo di Achiz nell' Asia Minore.

Va da sè poi che l'interrimento degli sbocchi litorali e quindi la chiusura del lago restano favoriti e sollecitati anche da altre cause, quale, per es., sarebbe un sollevamento della regione. Qualora avesse luogo un moto ascensionale di pochi metri, sarebbe sufficiente per ridurre in lago lagune considerevoli, anzi talvolta degl'interi mari. Un inalzamento di 40 o 50^{m} sarebbe sufficiente per ridurre in bacino chiuso il mare d'Azof e fors'anco il Baltico, e uno di 180^{m} il Mediterraneo orientale e lo stesso mare del Nord.

Talvolta i laghi ripetono la loro origine da ostruzioni che sbarrano temporariamente o perennemente i corsi dei fiumi. Parlando dei barraggi vegetali, dei ghiacci, delle frane e degli scoscendimenti, noi potemmo notare quale potenza siffatti ostacoli possano assumere e come essi giungano a determinare dei veri ed importanti rigurgiti e stagnamenti d'acqua. Le vaste paludi del Nilo superiore sono in gran parte prodotte o almeno favorite dai barraggi così copiosi in quel fiume; ed è nota del pari la formazione del lago di Gurgl, prodotto tra il 1717 e il 1718 dal rapido avanzarsi del ghiacciaio omonimo, sicchè ne rimase impedito lo scolo della Langthal. Il lago ruppe l'argine soltanto nel 1846, onde in pochi mesi rimase asciutto; ma poscia tornò a formarsi. La sua larghezza non era inferiore a 632m e la sua profondità in piena, cioè in primavera, presso l'estremità inferiore variava fra 95 e 126^{m}. Di consueto, i laghi provenienti da siffatti ostacoli hanno una durata precaria, il più spesso estesa a pochi mesi. Invece ben più duratura solitamente è la vita dei laghi prodotti da frane e da scoscendimenti. Il lago d'Alleghe nell'Agordino (Fig. 292), formatosi nel 1771, presenta tuttavia una lunghezza di quasi due chilometri su 400^{m} di larghezza e oltre a 50^{m} di profondità. Nell'Oberland bernese sono tuttora visibili i tre laghi di Derborence, formati in seguito a frane precipitate dalle roccie dei Diablerets. Tacendo di altri esempi, accenneremo soltanto come talvolta gl'interrimenti, invece di produrre i laghi, sono suscettibili di mutarne il sistema idrografico. Così pare che il lago di Achen nel Tirolo settentrionale, un tempo appartenesse al sistema dell'Inn, e che in seguito

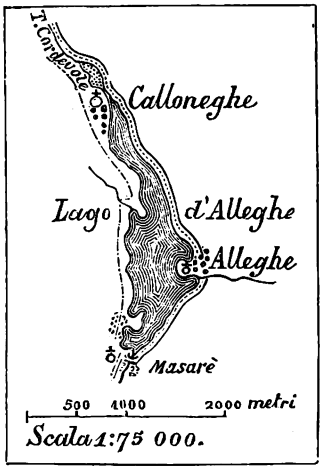
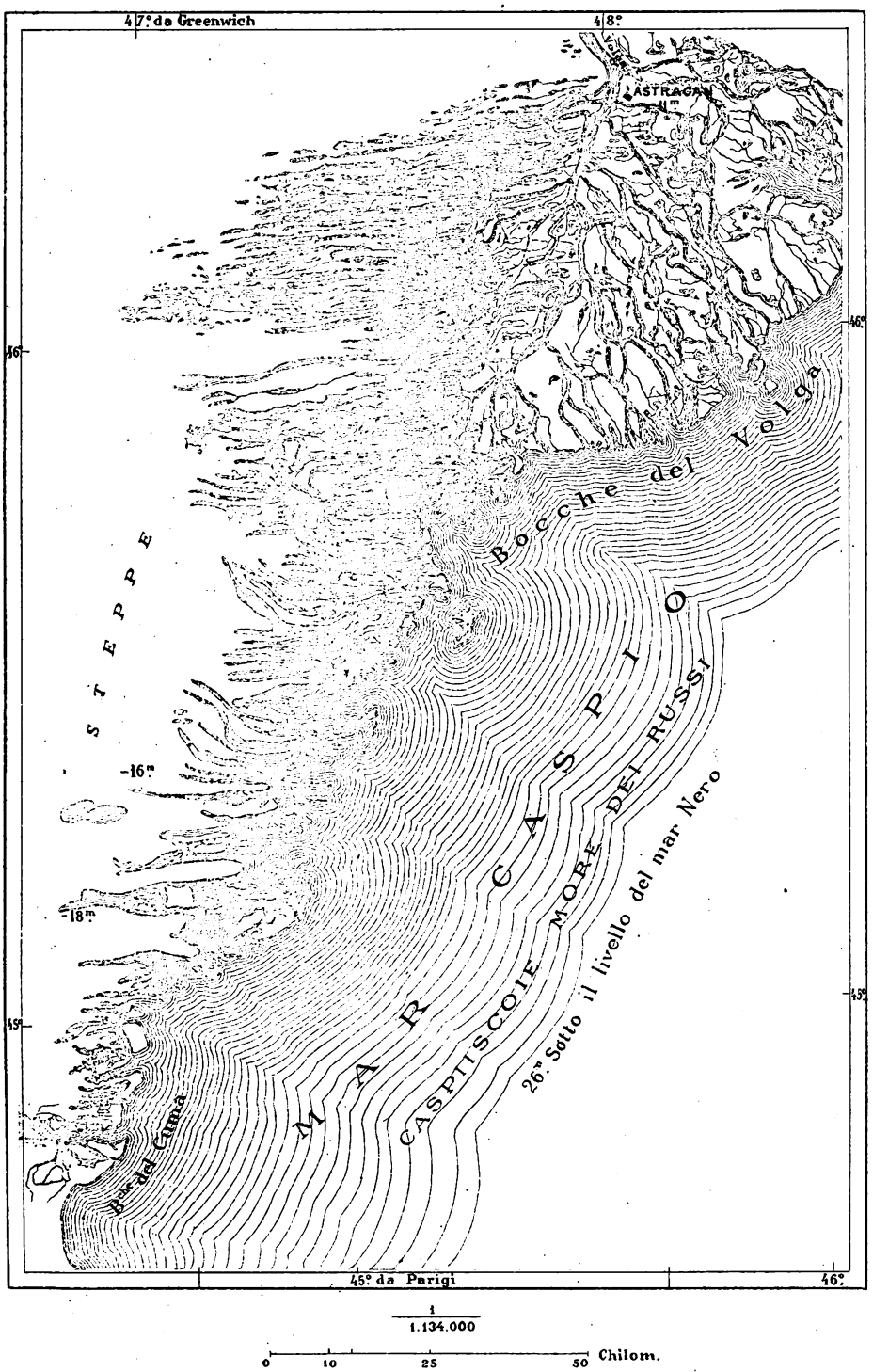


Fig. 292. — Lago d'Alleghe nell'Agordino.

(1) De Bartolomeis, *Oroidrografia dell' Italia*, cit. pag. 270.

Digitized by Google

DELTA DEL VOLGA



Lorati Casa ed. Dottor Fr. Vallardi G. Marinelli

Digitized by Google

Digitized by Google

agl'interrimenti di antiche alluvioni, si sia rivolto a tramontana e mandi i suoi scoli per l'Achenthal nell'Isar.

I ghiacciai concorrono anche indirettamente alla formazione dei laghi, mediante la deposizione di quei cumuli di terra e di materiale caotico, spesse volte distribuiti ad argine, che son noti sotto nome di *morene*, di colli *morenici* e simili (1). Difatti, una serie di queste morene sono di consueto depositate a semicerchio davanti la fronte del ghiacciaio, e sbarrano l'uscita alle sue acque, allorchè avvenga ch'esso vada liquefacendosi. Talvolta avviene che le acque del ghiacciaio bastino a rompere totalmente la diga morenica, e allora esse trovano libero sfogo; ma sovente accade che queste resistano o totalmente o parzialmente, o ancora che nella loro accidentale disposizione si formino dei piccoli bacini a fondo morto, dove le acque vengono a stagnare, mutandosi in laghi, in paludi, in torbiere, aprendosi, o no, un emissario a seconda dei casi. Questo fenomeno, che si verifica adesso in piccole proporzioni davanti alla fronte di moltissimi ghiacciai, si manifesta in grandi proporzioni lungo tutte le zone pedemontane, nelle quali un tempo sfociavano gli enormi ghiacciai dell'epoca che da loro s'intitola: Pirenei, Alpi, Vogesi, monti Scandinavi. Nella zona subalpina, cominciando dal laghetto di Avigliana,

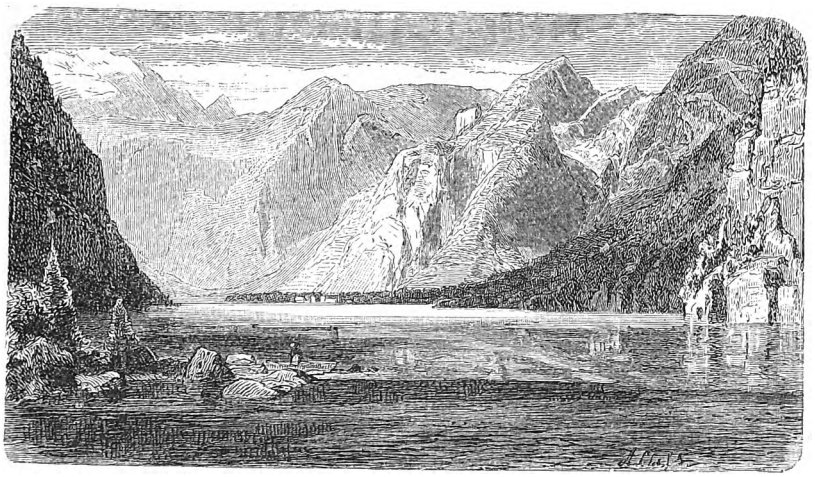


Fig. 293 — Il Königsee in Baviera.

spettante all'anfiteatro morenico della Dora Riparia, e terminando con quello di San Daniele del Friuli, nel bacino del Tagliamento, si stende una serie numerosissima di laghi poco profondi, dai contorni tondeggianti, che ripetono la loro origine dai depositi morenici. Mirabili poi, quali laghi di sbarramento morenico, sono quelli di Poschiavo, di Ledro, di Zurigo, il Königsee (Fig. 293) presso Berchtesgaden, e con questo quasi tutti i laghi bavaresi, che confluiscono nell' Isar e nell'Inn.

Ma frammezzo a questi v'hanno alcuni laghi, le dimensioni e specialmente la profondità dei quali non permettono che se ne possa attribuire la formazione a quel semplice processo di sbarramento glaciale, che testè accennammo, per quanto sia grandioso l'apparato morenico che ne prospetta le fronti. Alludiamo ai più grandi fra i laghi lombardi, al Maggiore, cioè, e a quelli di Lugano, di Como, d'Iseo, d'Idro e di Garda, che noi già giudicammo come delle vere *chiuse*.

L'aspetto prevalente in essi è quello di fenditure, lunghe da 25 ad 80 chilom., che attraversano le prealpi con profondità siffatte da scendere di parecchie centinaia di metri non solamente sotto il livello della pianura padana, ma sotto quello del fondo stesso dell'Adriatico (Fig. 294).

Difatti, ecco quali sono le altitudini del loro

(1) Un bellissimo esempio di laghetto montano formato e periodicamente aumentato da sbarramento morenico e glaciale, ch'esso ogni tanto rompe dando origine a funeste inondazioni, è quello del Rutor delle Alpi Graje Settentrionali (valle della Thouille) a 2382^m sul mare. Vedine la storia minuziosa e completa narrata da MARTINO BARETTI (*Il lago del Rutor*) in *Bollett. del Club Alp ital.*, 1880, pag. 43.

Digitized by Google

pelo, la loro profondità e quindi l'altitudine del loro fondo rispetto al livello marino (1)

Laghi	Altitudine del pelo d'acqua metri	Profondità metri	Altitudine del fondo metri
Maggiore . .	195	854 (2)	— 659
di Lugano . .	272	279 (3)	— 7
» Como . .	199 (4)	588 (5)	— 389
d'Iseo . . .	189	300	— 111
d'Idro . . .	379	122	+ 257
di Garda . .	65 (6)	825 (7)	— 760

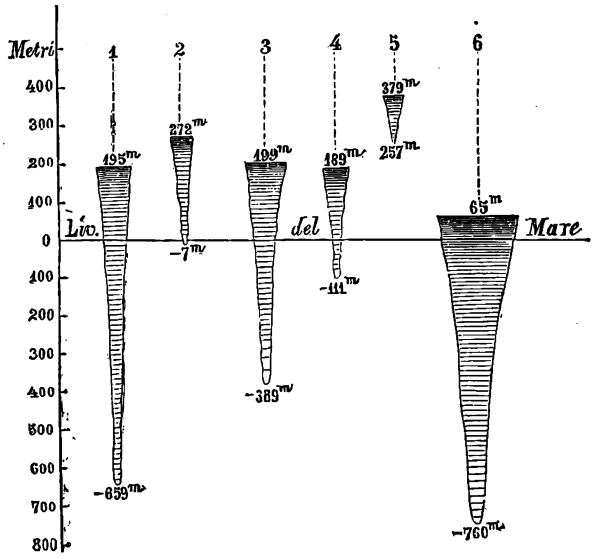


Fig. 294. — Altitudini e profondità dei principali laghi italiani

1. Maggiore, 2. di Lugano, 3. di Como, 4. d'Iseo, 5. d'Idro, 6. di Garda.

Il problema del come fossure così profonde, come quelle di molti fra tali laghi, abbiano potuto formarsi dapprima, poi conservarsi come sono attualmente, è senza dubbio singolarissimo. Alcuni (Ramsay), a spiegarla, supposero un'enorme potenza erosiva nei ghiacciai antichi; ma essa non dava ragione della profondità a cui essi s'adimano; onde altri (Gastaldi) propose la cosidetta teoria della *riescavazione*, secondo la quale i ghiacciai, penetrando nelle fenditure già da un pezzo formate e poscia riempiute da alluvioni, dovevano scacciarne queste ultime sostituendovisi, quindi più tardi, sciogliendosi, e lasciare delle cavità lacustri profondissime. Tra il 1861 e il 1865, indipendentemente uno dall'altro, anzi con qualche diversità di vedute, all'Omboni, allo Stoppani e al Peschel parve di poter spiegare la formazione dei laghi lombardi coll'ammettere anzitutto la preesistenza delle fenditure oggi corrispondenti alle valli lacuali, fenditure che allora doveano essere occupate dal mare padano e quindi, per la loro speciale morfologia, doveano essere analoghe perfettamente ai fiord della Norvegia. Nell'epoca glaciale vi penetrarono i ghiacci, che probabilmente immergevano il loro piede nelle onde marine, dove cadevano potentissime moli di detrito calcare e dove forse venivano spinti dalle correnti anche i depositi marini. Così venne a poco a poco formandosi una grande sbarra alluvionale, la quale più tardi arrestò il defluire dell'acqua lacustre, allorchè si sciolse il ghiaccio, che colla sua presenza avea reso impossibile alle alluvioni di colmare il bacino da esso stesso interamente occupato. Noi non dissimuliamo che, mentre questa teoria ci sembra soddisfacente sotto molti aspetti, troviamo non del tutto ovvio renderci ragione del come, durante il solo periodo glaciale, abbia potuto formarsi un deposito di alluvioni, che davanti il Garda doveva presentare una potenza di 760m almeno, potenza che arriva facilmente a 900m. e li oltrepassa, se si considera il rialzo della regione collinesca distesa ad anfiteatro a mezzogiorno del lago stesso. In parte, questa enorme stratificazione può essere spiegata dalla ristrettezza di quell'antico golfo padano; in parte dalle erosioni glaciali probabilmente maggiori di adesso; e del pari è lecito supporre che, allo sbocco dei fiordi, il mare (com'è il caso della Norvegia) fosse meno profondo che non nel loro interno, ovvero anche che speciali accidenti orografici presentassero quasi una base alquanto rialzata ai depositi more-

(1) Lombardini in Cattaneo, *Notizie naturali e civili sulla Lombardia*, Vol. I, 1844, pag. 203; — Stoppani, *L'Era Neozoica*, pag. 207; — *Annuario Stat. ital. pel* 1881, pag. 80-81.

(2) Ziegler, *Hypsom. Karte der Schweiz* cit. in Wagner, I, pag. 87. Le soli fonti italiane dànno c.a 800m.

(3) Secondo le misure Svizzere. Cnfr. Kaltbrunner, *Aide-mémoire du voyageur*. Zürich, 1881, pag. 62.

(4) Media fra le seguenti misure: 192m data dal Genio Civile e 186m data da misure ferroviarie. Cnfr. Curò, *Ipsometria della prov. di Bergamo*, in *Cosmos* di G. Cora, VI, 1880-81, pag. 423.

(5) Questo è il numero generalmente accettato a designare la profondità del lago di Como; tuttavia non dissimuliamo come le diligenti misure compiute dai signori Casella e Bernasconi nel 1866, accennino ad una massima profondità di soli 414m. Cnfr. P. Maestri, *Italia Econom. nel* 1869, Firenze, Civelli, 1870, pag. 59.

(6) Da recenti rilievi ferroviari, sec. il *Bollett. della Soc. Geogr. ital.*, N. XII, 1875, pag. 731, tale altezza sarebbe di 64m. La nostra cifra risulta dalle misure trigonometriche ufficiali italiane (64m88). Confr. *Guida Alpina della provincia di Brescia*, Brescia, 1882, pag. 242.

(7) Secondo misuro officiali italiane ed austriache praticate presso l'isola Lechi.

Digitized by Google

nici destinati a sbarrarli. Ma tutto ciò ancora non basta a spiegare il fatto accennato. Un altra obiezione, a nostro avviso, si può movere alla supposizione che i ghiacci occupassero sino al fondo il fiord pliocenico, nel quale venivano ad immergersi. Raggiunto il fiord, ad essi doveva succedere quanto succede tuttora ai ghiacciai dei fiord groehlandesi, cioè essi dovevano immergersi alquanto nelle acque marine, finchè la loro tendenza a galleggiare, perchè dotati di peso specifico minore, non li costringeva a spezzarsi e quindi a disperdere parte notevolissima dei detriti morenici nei luoghi dove avveniva tale loro spezzamento, cioè necessariamente nell'interno e non allo sbocco del fiord, e quindi a concorrere a colmarlo di detriti. Forse, a render più accettabile la teoria, semprechè altre considerazioni, a noi ignote, non si oppongano, si potrebbe aggiungere la supposizione che, al principio della discesa dei ghiacciai, tutto il fondo del mare padano fosse più elevato che non ora, in modo che i ghiacciai trovassero nei fiord uno spessore di onde incapace di farli galleggiare spezzandoli (come avviene tuttodì allorchè un ghiacciaio s' immerge in mare poco profondo), e in tal guisa, strisciando sul fondo della valle, la occupassero tutta, nè si sciogliessero prima di averne raggiunta l'estremità inferiore, dove deponevano la maggior copia del materiale morenico. Ammettendo un posteriore lento moto di discesa, il ghiacciaio rimaneva unico occupatore del fondo della valle, poichè l'apparato morenico frontale, quasi una diga litorale, poteva bastare a proteggere la bocca del fiord contro l'invasione del mare, che avrebbe senza dubbio prodotto il galleggiamento temuto. Accettando quindi tale oscillazione, non si esclude che la formazione del bacino lacustre dipenda dalla potenza di quella prima sbarra formatasi al principio del movimento di discesa e che potè forse essere coadiuvata da circostanze orografiche locali, quali: ampiezza e natura del bacino superiore di erosione, rialzi del sottosuolo e consimili. Anzi è questa varietà di circostanze che può dar ragione di un altro fatto, cioè che la formazione di tali laghi non è un fenomeno nè necessario nè generale nei luoghi dove si trovava un fiord occupato da ghiacciai, poichè lo stesso versante meridionale delle Alpi ne formò nelle Alpi centrali, ma non nelle orientali (tranne forse il lago di Cavasso) sempre, nè nelle occidentali; e inoltre nella stessa Norvegia, il paese classico dei fiord, colmati da ghiacciai, qua essi rimasero tuttora fiord, là essi divennero laghi. Di questi la Norvegia ne conta una cinquantina con dimensioni minori, ma posti in condizioni assai analoghe a quelle dei laghi lombardi, salvo che questi ultimi, colmata la valle padana, si trovano a molto maggiore distanza dal mare che quelli non siano. Ecco alcuni dati che si riferiscono a tali laghi norvegesi, o a quelli che vennero chiamati *valli fiord* dall' Helland, che ne fece soggetto di studî particolari (1):

intervallo tra il lago ed il mare da	1	a 7	chilom.
lunghezza dei laghi	» 2	a 28	»
altitudine del pelo	» 3	a 90	metri
profondità assoluta	» 34	a 486	»
altitudine del loro fondo .	— 14	a 432	»

Quanto dicemmo poi mostra all'evidenza come non sia senza fondamento la distinzione fra laghi *continentali* e *oceanici*, distinzione in qualche modo compresa in quella di laghi *originarî* e *secondarî*, accennata dal Kant, ancora un secolo fa. Fra i laghi originarî, il Kant annovera quasi tutti i laghi salati formatisi dall'antico fondo del mare, e quelli che non ricevono fiume alcuno, anche se dotati di scaricatore. Prescindendo da questi ultimi, è certo che, mentre la salsedine è uno fra i più sicuri indizî per riconoscere la origine marina dei laghi, esso non è il solo, nè vale in tutti i casi. I laghi rimasti in bacini chiusi e senza scolo esteriore, conservano la loro salsedine, anzi l'accrescono continuamente, ma se essi, pur provenendo dal mare, si trovano muniti di scaricatore esterno, a furia di ricevere senza tregua acqua dolce e di emettere dell'acqua salata originaria, finiscono coll'addolcire le loro acque, sì da renderle pari a quelle delle fonti più pure. Gli esempî di porzioni di mare così intercettate e poi tramutatesi a poco a poco in bacini d'acqua dolce son numerosissimi — bastando accennare per tutti ai laghi lombardi, a quelli della Norvegia, al Ladoga, all'Onega e ai grandi laghi canadiani. Il numero dei laghi senza scolo palese o sotterraneo, e perciò rimasti salati, è infinito, anzi si può dire, senza tema di errare, che lo sono tutti, salvo due soli: il lago Tsade e uno stagno presso Dastarian, ad occidente di Scira nel Farsistan, entrambi ripieni di acqua dolce. Ma quel primo pare che fosse in addietro, e forse è periodicamente anche adesso, in comunicazione col fiume delle Gazzelle (Bahr el Ghazal), il che tuttavia toglie ben poco alla eccezionalità del fenomeno. I bacini chiusi affatto e senza emissario poi presentano di con-

(1) STOPPANI, *Era neozoica*, pag. 182.

Digitized by Google

sueto una salsedine maggiore di quella stessa del mare. L'acqua, che essi contengono, va continuamente soggetta a una specie di bilancio di entrata e di uscita. L'uscita, avendo luogo unicamente per via di evaporazione, produce la perdita esclusiva d'acqua dolce, il che verrebbe ad ingenerare, coll'andar del tempo, una saturazione delle acque del lago, qualora queste non venissero alimentate dalle acque relativamente dolci portatevi dai tributarî. E diciamo « relativamente » dolci, perchè anche le acque fluviali contengono, come vedemmo, una certa quantità di sali (cioè, secondo il Bischof, in ragione circa di 4 centomillesime parti) — quantità, seppure piccolissima, non trascurabile, stante la perennità del lavoro di distillazione che avvertimmo aver luogo nei laghi. Tuttavia la salsedine di questi rimarrà stazionaria tutte le volte che fra i tributi fluviali o delle pioggie e la evaporazione del lago si sarà formato un certo equilibrio; diminuirà allorchè quelli hanno la prevalenza; s'aumenterà (e questo è il caso più comune) quando invece la evaporazione la vincerà. Questa è la condizione nella quale si trovano alcuni fra i più celebri laghi salati del globo, quali il Caspio, il mar Morto o lago Asfaltite, il lago di Urumia nella regione di maestro della Persia, il gran lago Salato o lago Utah dell'America settentrionale, tutti senza emissario di sorta. Però va avvertito che fra questi stessi laghi salati ve n' è taluno che non si può giudicare come di origine oceanica. Per esempio, il lago Utah (1) vien generalmente dai geologi americani giudicato come una depressione terrestre dove si raccolsero semplicemente le acque fluviali, e dove l'evaporazione diuturna bastò a crearne un serbatoio di sale. Elevato 1372^m (2) sul mare, il lago Utah si può giudicare esteso circa 5000 chilom. quadr., area questa ben inferiore a quella che doveva occupare un tempo, che da Gilbert, suo celebre illustratore, avrebbe preso il nome di Lake Bonneville, e che, fornita di una lunghezza di forse 500 sopra una larghezza di 300 chilometri, probabilmente avea scolo nel Pacifico. Una serie successiva di terrazzi, che ne circondano il bacino, avvertono come in seguito a mutate condizioni meteorologiche e, com' è facile arguire, in seguito a diminuzione nella quantità di precipitazione acquea, il lago sia andato sempre più restringendosi per eccesso di evaporazione nel fondo di un bacino senza scolo, dove l'acqua rimasta appare carica di tutta la salsedine portata per secoli dai fiumi, che vi arrecavano tributo. Adesso il gran lago Salato presenta una massima profondità di 15 o 16^m, oscillante di 3 o 4^m, secondo le stagioni e gli anni, però con tendenza costante a diminuire sempre più.

Di origine marina discutibile sono il mar Morto (Fig. 295) e il suo confratello il lago di Tiberiade o di Genezaret, entrambi alimentati dal Giordano, entrambi posti al dissotto dellivello marino, in modo tale però che quello di Tiberiade (Tabarié) ha la sua superficie a -191 e il mar Morto a -394^m rispetto al Mediterraneo. (Fig. 296). Il primo ha la profondità di 50^m circa, il secondo s'inabissa in qualche punto fino a 560^m; il che vuol dire che il fondo di quello si trova di 240^m, il fondo di questo di 954^m più basso del livello marino. La comunicazione di questo bacino col mar Rosso, e precisamente con quella sua appendice che è nota sotto il nome di golfo di Acaba, esclusa da parecchi geologi e fra gli altri dal Lartet (1), pare indubitata allo Stoppani, che pure studiò sul luogo l'interessante problema. Un sollevamento generale della regione deve aver quindi, secondo tale ipotesi, separato il bacino dei due laghi da quello del mar Rosso. Più d'accordo si trovano i dotti nel ritenere che un tempo il bacino lacustre si estendesse molto più ampiamente di oggi, in modo da comprendere entrambi i laghi.

Un eccesso di evaporazione, prodotto forse anche in questo caso da mutate condizioni climatiche, ebbe per conseguenza la diminuzione della massa acquea, talchè essa si raccolse nelle due conche più profonde dei due bacini a differente livello, nei quali, in causa della morfologia speciale della vallata, questa veniva a dividersi. L'eccesso dell'evaporazione sul tributo acqueo continuava ancora, grazie alla grande estensione della superficie evaporante; per il che questa dovette ristringersi, e i due bacini lacustri vennero decisamente separati uno dall'altro. Ma dei due, il superiore, quello di Tiberiade, offre un'estensione di soli 170 chilom. quadr., non molto cioè maggiore di quella del lago di Como, e una profondità, come vedemmo, di circa 50^m, vale a dire una capacità che il Giordano riempiva in breve tempo e una superficie evaporante troppo piccola per esaurire le acque fluenti; epperciò la necessaria

(1) GEIKIE, pag. 395.
(2) KLÖDEN. Sec. il WAGNER, 1273^m.

(1) Cnfr. su tale questione il PESCHEL. *Phys. Erdk.* vol, II, pag. 325. V. anche STOPPANI, il *Mar Morto* in *Boll. della Soc. Geogr. ital.*, 1875, vol. XII, pag. 133.

Digitized by Google

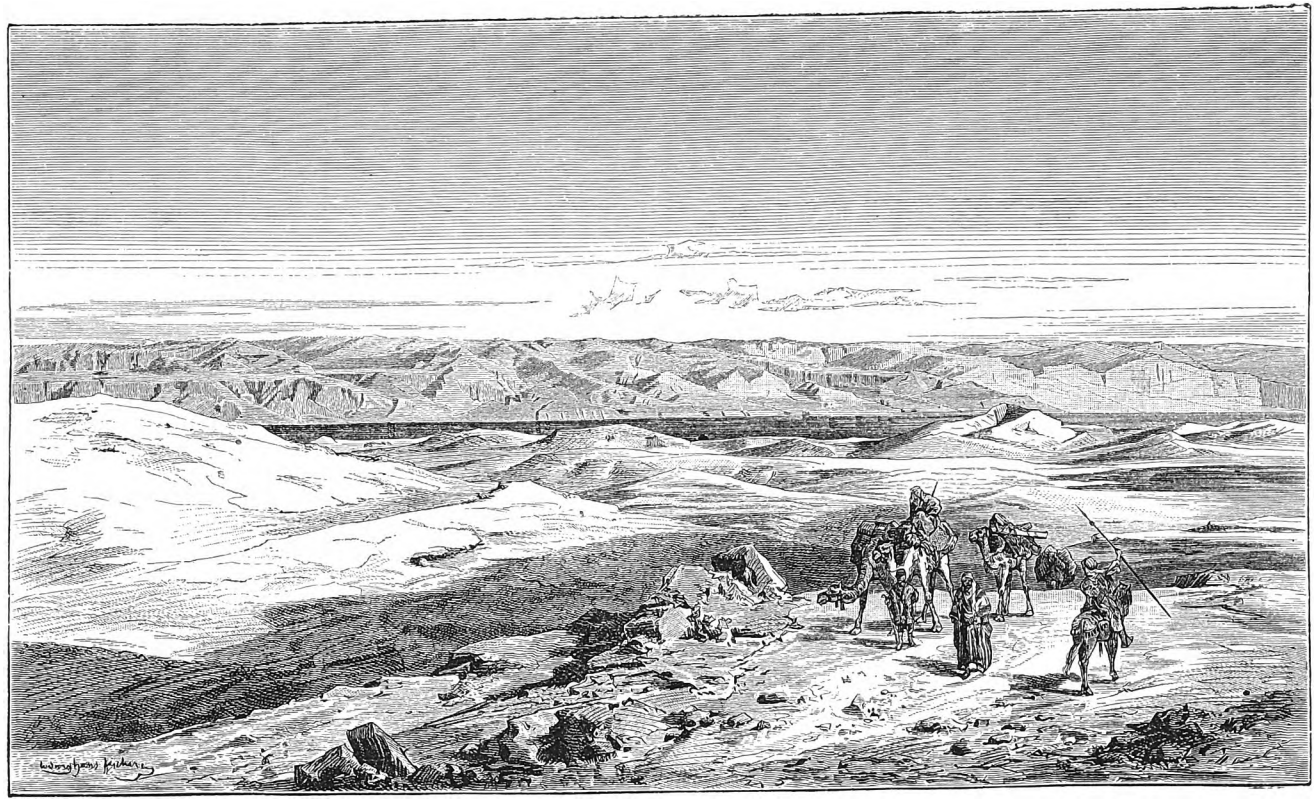


Fig. 295. — Il mar Morto o lago Asfaltite.

Digitized by Google

Digitized by Google

formazione di un emissario che portasse a valle le acque sovrabbondanti. È facile comprendere quello che deve avvenire in un vaso d'acqua salata, quando da una parte si leva l'acqua esistente, dall'altra se ne aggiunge

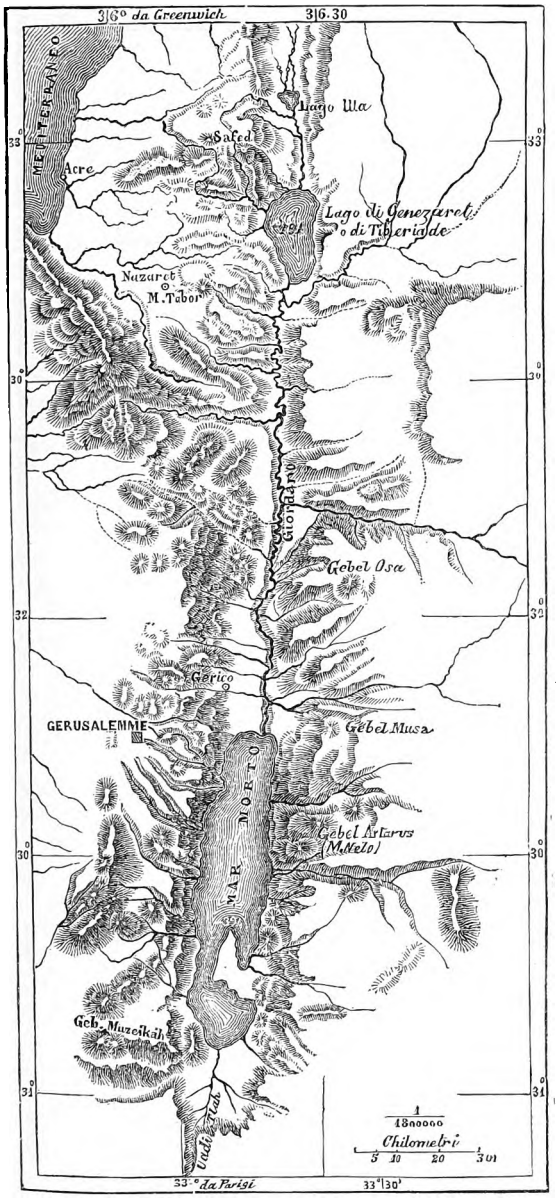


Fig. 296. — Il mar Morto e il lago di Genezaret.

senza tregua di dolce. Invece il mar Morto, anche attualmente esteso su 915 chilom. quadr., cioè sopra uno spazio tre volte più grande di quello del lago di Garda, presenta all'evaporazione una superficie così vasta da permettere che, per asciugamento, se ne vada almeno tanta acqua, quanta ne portano il Giordano e gli altri minimi e generalmente periodici suoi tributarî. Ma l'acqua attuale del mar Morto non è che il residuo di una massa d'acqua ben maggiore, che probabilmente occupava tutto il bacino circostante fino all'altezza del livello marino, e che, scemata per via d'evaporazione, ha concentrato in quel fondo tutta la salsedine già diffusa nella massa primitiva. Da ciò la saturazione veramente enorme delle acque del lago, tanto da rendervi scarsissima ed affatto eccezionale la fauna, e da incrostarne di depositi salini le spiaggie. La salsedine del mar Morto si giudica in media eguale al 24 per cento (media di 4 analisi) secondo il Roth; ma siccome le analisi si fanno colle acque superficiali e la salsedine cresce colla profondità, così non si va lungi dal vero assegnandole un valore più alto, cioè del 26 o 27 per cento. Però l'esame chimico metterebbe alquanto in guardia i dotti sulla origine marina del mar Morto, poichè la sua salsedine non è se non parzialmente dovuta al sal marino (cloruro di sodio), ma in parte considerevole, anzi, secondo alcune analisi, addirittura soverchiante (dal 7 al 16 per cento, mentre il cloruro di sodio non supera il 4 o il 5 per cento) al cloruro di magnesio, e a quello di calcio (da 4 a 5 per cento) — sali assai abbondanti nelle acque del Giordano. Di più i sali d'argento, che risultano dalle analisi dell'acqua del mar Rosso, qui mancano affatto.

Questo stesso argomento vale pel lago di Elton, posto non lungi dal Caspio nella steppa Chirghisa, uno dei più salati laghi del mondo, ma la cui salsedine è costituita prevalentemente di cloruro (19.7 per cento) e di solfato (5.3 per cento) di magnesio e soltanto del 3.8 per cento di sal marino.

Più d'accordo si trovano i geologi intorno alla origine marina del Caspio (Figura 297). Questo lago, che per la sua ampiezza merita quasi il nome di mare, adesso occupa una estensione pari a 440.000 chilom. quadr., cioè più di tre volte maggiore di quella dell'Adriatico (135.000 chilom. quadr.), e si sprofonda fino a 946^m sotto la propria superficie, cioè a 972^m sotto il pelo marino (1). Ma un tempo la sua estensione era senza dubbio maggiore; anzi tutto concorre a dimostrare come esso non sia se non il residuo del grande *mare*

(1) Cnfr. a pag. 293 di quest'opera. Note.

Digitized by Google

sarmatico, che ancora nel periodo miocenico occupava tutta la Russia dai Carpazi all'Ural, al Caucaso, all'Ust-Urt, e si stendeva sulle steppe chirghise e sui deserti contermini, già da noi descritti parlando della pianura aralo-caspiana. Il sollevamento, che isolò dagli oceani esteriori il bacino enorme del Caspio, diede origine a un' enorme superficie la cui evaporazione non poteva in guisa veruna essere compensata dalla precipitazione acquea di un

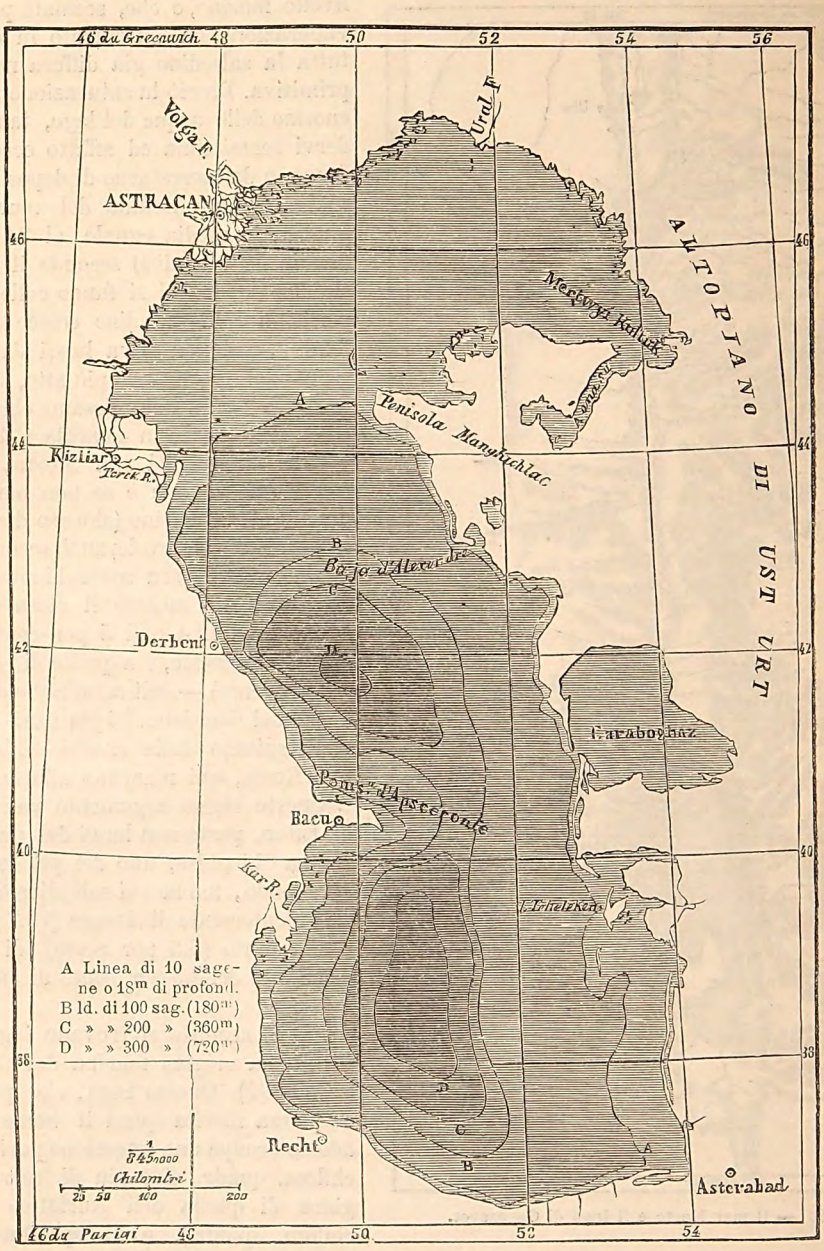


Fig. 297. — Mar Caspio.

bacino di scolo inadeguato al bisogno. Onde il ristringersi progressivo di quel bacino sino allo stato attuale. Ma le sue condizioni di salsedine sono ben diverse da quelle del lago Asfaltite. Anzitutto, e ciò è facile capirlo, la quantità enorme d' acqua dolce tributatagli dal Volga e dall' Ural fan sì che la salsedine del lago sia nulla o quasi nulla nelle parti settentrionali e vada sempre crescendo da queste alle meridionali. Difatti, mentre alle foci del-

Digitized by Google

l' Ural, secondo il Göbel, è appena del 0. 6 e presso il Volga, secondo altri, del 0. 15 per cento, all' altezza di Bacu, supera, secondo l'Abich, l'1. 3 per cento e all'estremità meridionale del lago, presso Caidacbai supera il 5. 6, rimanendo in tutti questi casi, salvo l'ultimo, inferiore a quella dell'oceano, che può anche raggiungere in qualche località (mar Rosso) quasi il 4 per cento. Questa povertà di sali in un bacino già sottoposto a un processo di restringimento, parrebbe fornire un argomento contro la origine marina del Caspio. Senonchè, mentre l'esistenza dei depositi salini lungo le spiagge del Caspio mostra com' esso già in addietro fosse saturo di sali, la relativa dolcezza delle sue acque si spiega colla esistenza di apparati speciali di precipitazione, che a guisa di gigantesche saline naturali servono egregiamente alla eliminazione dei sali e quindi all' addolcimento del bacino principale. Di questi bacini notevole è lo stretto di Carasu o dell' « acqua nera », presso la baia d'Alessandria e dirimpetto a Derbent. Ivi la salsedine del Caspio arriva già al 5. 7 per cento, e di questo il 4 per cento è di sal marino e il resto di altri sali. Più importante ed esteso è il «gorgo nero » o golfo di Carabugaz, immensa insenatura orientale del Caspio, estesa non meno di 16000 chilometri quadr. e separata da questo mediante un cordone litorale che non lascia apertura più larga di 200^m in qualche punto e di 800^m al massimo, nè più profonda di uno o due metri. Il bacino interno, non alimentato da fiume veruno ed esposto ai venti aridi e cocenti delle steppe, è soggetto ad un'evaporazione enorme, donde la necessità che una corrente continua (che si move colla velocità di 5 o 6 chilom. all' ora), compensi colle acque del Caspio quelle sottratte dall' atmosfera. La corrente è tale che, anteriormente all' esplorazioni russe, dalle rozze popolazioni delle spiagge non si sapeva esplicare la sua perennità altrimenti che coll' esistenza di un abisso pronto ad inghiottire senza tregua le acque fluenti del Caspio. La salsedine di questo golfo, profondo circa da 4 a 12^m, è veramente eccessiva. Essa si calcola a non meno del 28 e $\frac{1}{2}$ per 100, ed è tale che ormai vi è spenta la vita; i pesci che trascinati dalla corrente vi penetrano, in pochi giorni rimangono ciechi; il fondo e le rive si coprono senza tregua di cristalli di sale. Mancando ogn'indizio di contro corrente (e la piccola profondità dello stretto spiega la cosa), la quantità di sale introdotta così per esso diurnamente è enorme. Essa viene calcolata dal Baer a 350.000 tonnellate al giorno, cioè tanta, quanta se ne consuma in mezz' anno in tutto l'impero russo.

Dal già detto apparisce quanto complesso e difficile sia assegnare ai varî laghi il posto che veramente loro spetta in ordine alla probabile origine oceanica o continentale. È appunto in questo problema che soccorre talvolta l' esame delle faune dei laghi. Difatti, in alcuni fra essi si rinvennero alcune specie che non soltanto non si suole trovare nelle acque dolci, ma che corrispondono ad altre esistenti nei mari vicini; in una parola una fauna, che meritò l'appellativo di *relicta* (relictenfauna), d'onde precisamente venne il nome di *laghi relicti* (relictenseen del Leuckart e del Peschel) a quelli nei quali essa si riscontra. Così, fin dal 1857, nel lago di Garda si notavano due sorta di pesci (un blennio e un gobio) decisamente, e un « palemon » probabilmente, spettanti a specie marine; così le squille, molte varietà di syngnathus e di gobî, molti molluschi del Caspio, sono comuni al mar Nero ed all'Aral, e le sue foche (phoca caspica) si considerano quali una semplice varietà di una specie (phoca foetida) assai comune nei mari artici. Analogamente, il lago Baical, il « mare santo » (Dalai-nor) dei Mongoli, che, secondo le ultime misurazioni russe, non si sprofonda meno di 1373^m sotto la propria superficie, cioè 904^m sotto il livello marino, confermò colle proprie foche e con altre specie antiche la congettura del Peschel (1869) ch'esso, abbenchè oggi d'acqua dolce, sia il residuo di un antico fiord dell'oceano Glaciale. E per altri laghi, come quelli di Titicaca e di Nicaragua, pel Tanganica, pei laghi canadiani, per molti dei norvegesi e via di seguito, si trovarono analoghe corrispondenze; onde lo studio delle faune pelagiche dei laghi acquistò un' importanza grandissima specialmente in questi ultimi anni (1). A dir vero, la presenza di specie pelagiche anche nei laghi d'acqua dolce può talvolta trovare spiegazione in ispeciali migrazioni delle faune, sia per loro propria locomozione, sia mediante il trasporto delle uova fatto a mezzo di altri animali; ma questa ragione non vale sempre, nè in tutti i casi, e in molti si deve necessariamente ammettere essere le faune lacustri

(1) Vedine la bibliografia in FOREL, *La faune pélagique des lacs d'eau douce* in *Archives des sciences physiques et naturelles*, 15 septembre 1882, Gèneve. pag. 230.

Fra gl'italiani si occupò e si occupa con molto onore di tale problema il PAVESI nel *Bollett. della Soc. entomol. ital.*, nei *Rendic. dell'Istit. lombardo* ed altrove.

Digitized by Google

un residuo delle maggiori faune marine, così imprigionate nei laghi e per la legge dell'adattamento a poco a poco assuefatte a vivere in un mezzo che originariamente non era loro proprio.

7. Da alcuni degli esempi già porti è facile capire come il nome di *lago* si adoperi per ragunanze veramente grandissime di acque. Il Caspio si stende sopra una superficie di quasi 440.000 chilometri quadrati; e quantunque fra esso e quelli che lo seguono davvicino corra una notevole differenza, pure ve n'hanno ancora parecchi assai ragguardevoli. Così il lago Superiore ha una estensione di 84.000, l'Uchereve o Victoria Nianza quella di 75 od 80.000, il lago d'Aral quella di 67.000 chilom. quad. (1), cioè dimensioni (Fig. 298), che, se rimangono notevolmente

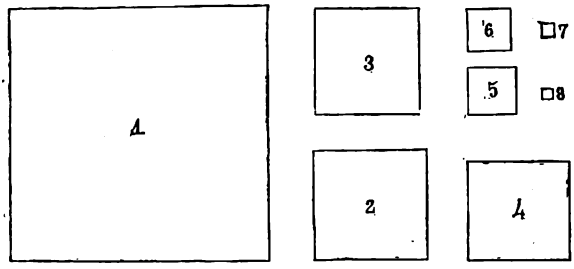


Fig. 298. — Superficie proporzionali occupate da alcuni laghi.

1. Caspio (440,000 chil. quadr.), 2. Superiore (84,000), 3. Uchereve (78.000). 4. Aral (67.000) 5. Ladoga (18.000), 6. Onega (8.450) 7. Ginevra (573), 8. Garda (366).

indietro a quelle anche dei mari secondarî, anzi a quelle stesse delle maggiori isole, pareggiano e superano la superficie di un buon terzo degli stati d'Europa, presi isolatamente. Però la loro importanza apparisce talvolta maggiore, grazie all'aggrupparsi che fanno. Così la serie dei grandi laghi Canadiani forma una massa d'acqua estesa complessivamente quasi 240,000 chilom. quadrati, cioè appena $\frac{1}{5}$ meno del regno d'Italia.

Non v'è limite inferiore alla superficie dei laghi. Taluno vorrebbe che soltanto una distinzione di dimensioni segnasse il limite che separa l'uso della voce *lago* da quello della voce *stagno* (2). Ma qui ci soccorre già una vecchia autorità, quella del Boccaccio, ad ammonirci come sia « disconvenevole » affermare, come fanno ad esempio dei francesi, taluni » laghi essere il medesimo con gli stagni .... conciossiachè intervenga l'acque stagnanti mancare e alle volte lasciare arida la terra, e alcuna volta, svenute l'acque per lo calore estivo, il sovrarrestante marcire in piccola acqua e di tristo puzzo ammorbare i vicini luoghi, quel che a' laghi non fu quasi mai veduto intervenire » (1). Ond'è che, fin da quell'epoca e come risulta da altri passi del medesimo autore, lo *stagno* vien usato piuttosto nel significato di *padule*, o di *acque stagnanti* (e quest'ultima voce toglie ogni dubbio), che non in quello di lago, sia pur piccolo, pel quale piuttosto si preferisce il vocabolo *pozza* o il diminutivo di *laghetto* (2).

L'altitudine alla quale si trovano i lagi è assai variabile. Se ne trovano alcuni sotto al livello del mare, per esempio il mar Morto a -394; quello d'Assal, nel paese dei Somali, a -195; quello di Genezareth a -194; il lago Caspio a -26, e tanti altri dei quali discorremmo parlando dei bassopiani. Ma se ne trovano ad altitudini assai considerevoli: così il lago Uchereve nell'Africa centrale sta almeno a 1100^{m} sul mare, il lago Sevanga o Gotša nell'Armenia a 1925, lo Tzana in Abissinia a 1942, il Langensee nel Tauern a 2197, l'Aullaga a 3700 e il Titicaca, che lo alimenta a 3824, il Cara-cul nel Pamir a 4050, il Ten-gri-nor o Jang-namšo nel Tibet a 4600, finalmente l'Ascae Scin nel Tibet a 5066^{m} (3) sul mare. Salvo il caso delle massime elevazioni,

(1) Come si vede, questi sono numeri arrotondati. Per i numeri esatti cnfr. il nostro prospetto.

(2) Alla voce *lago* italiana, corrispondono il latino *lacus*, il francese *lac*, l'inglese *lake* ed *j*, il celtico *loch*, lo spagnuolo e il portoghese *lago* (il portoghese usa anche *mar* nello stesso senso), il rumeno *lacu*, il greco *limne*, il tedesco, *see*, il boemo, croato e sloveno *jezero*, il polacco *jezioro*, il russo *ozero*, il danese *sø*, *indsø*, *hav*, lo svedese *sjö hav*, l'islandese *haf*, *mar*, il lappone *javre*, *maer*, il finnico *järvi*, *wesi*, il sanscrito *mira*, *vâr*, *saras*, l'indostano *derija*, *semunder*, il zend *zarayanh*, il pehlvi *zare*, il persiano *darja*, *zarra*, l'arabo *bahr*, *birche*, *sebka*, il berbero *bahar*, l'abissino *gabla* l'ungherese *cs*, *to*, il turco *göl*, il tataro *cul*, il mongolo *nor*, il cinese *jang*, *hâi*, il malese *laut*; nelle lingue africane del basso Congo *eliva*, nello spagnuolo delle Filippine, e dell'America merid. *laguna*, nelle Filippine ancora *pinac* (lago temporario), a Borneo (Giglioli) *danâo*, nelle Molucche *telaga*, nell'Oguè *je* o *jai* a Madagascar *nossi*, nella regione dei grandi laghi africani *nianza*, nell'isole Hawai, *vaiaca* (Meinike).

Alla voce *stajno* in molte lingue corrisponde la stessa parola che si usa per *lago*, però in francese corrisponde *étang*, *flaque*, *mar*, in ispagnuolo *staño*, in inglese *pool*, *marsh*, in tedesco *teich*, in danese *dam*, in isvedese *dam* e *siskdam*, nelle varie lingue slave *ribnic* e *ribniac*, in polacco *staw*, in rumeno *balta*, in ungherese *to*, in arabo *birche*, in abissino *mehsab*.

(1) *De Montibus*, nel libro dell'Hortis, già citato, pag. 56.

(2) E anche in alcune località, come per es., nell'Appennino, e sempre quali diminutivi le forme di *lagoni*, *lajacci*, *lagacciuoli*, *lagotti*.

(3) Supan. loco cit., pag. 371.

Digitized by Google

non pare che vi sia relazione veruna fra le altitudini e le estensioni dei laghi. Così il massimo fra questi, il Caspio, presenta il suo specchio qualche metro più basso del livello marino: ma il Baical, esteso ben 35000 chilometri, si trova a 469^{m}; l'Uchereve, già citato, coi suoi 75 o 80000 chilom. quadr. a 1100^{m}; il Titicaca con 8300 chilom. quadr. a 3824^{m}. Finalmente il Cara-cul posto, come dicemmo, a 4050m, ha almeno 300 chilom. quadrati, cioè un'estensione eguale a $\frac{4}{5}$ di quella del nostro lago di Garda.

Neanche la profondità dei laghi non presenta norme sicure. Ecco, ad esempio, una serie di laghi, la profondità dei quali supera i 300^{m}.

Nomi dei laghi	Profondità di alcuni laghi
Baical	1373^{m}
Caspio	946
Maggiore	850
di Garda	825
» Como	588
Mar Morto	560
di Gosta	500
Miosen in Norvegia	452
di Zug	390
Ladoga	375(1)
d'Albano	340
di Ginevra	334
Superiore (St. Uniti)	310
Storsjöen (Rendale) in Norvegia	301
Michigan	300
d'Iseo	300

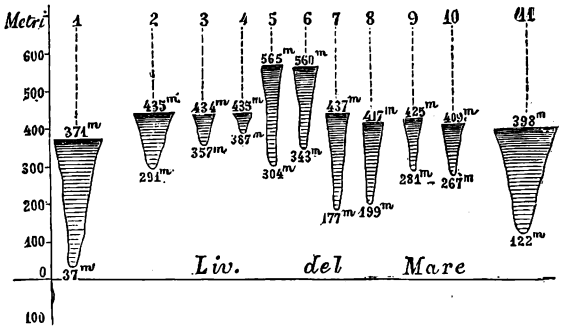


Fig. 299. — Altitudini e profondità dei principali laghi Svizzeri.

1. Lago di Ginevra, 2. di Neuchatel, 3. di Bienne, 4. di Morat. 5. di Brienz, 6. di Thun, 7. di Lucerna, 8. di Zug, 9. di Walenstatt, 10. di Zurigo 11. di Costanza.

Immediatamente dopo questi verrebbero il lago di Bracciano con 292 e quello di Costanza con 276^{m}. I laghi alpini in generale sono forniti di considerevole profondità, più quelli del versante meridionale, come vedemmo a suo luogo, meno quelli del versante settentrionale, come risulta dalla fig. 299. D' altra parte si conoscono dei laghi pochissimo profondi. Il Trasimeno non lo è più di 10^{m}, quello di Peipus in Russia di 14, il lago di Neusiedler in Ungheria e lo Tsade nell' Africa non lo sono più di 4 o 5, nemmeno nei punti loro più depressi.

Son questi laghi forniti di così scarse profondità che vanno poi soggetti alle massime variazioni d' estensione. Così, per esempio, il lago di Neusiedler, improvvisamente comparso nel 1300, a quanto sembra, e pur esteso solitamente 356 chilom. quadr., si asciugò del tutto nel 1693 e nel 1738, tanto da poter essere ridotto a campagna, poi daccapo ancora nel 1865, e stette così ridotto in un pantano salso fin presso al 1869, dal qual anno riprese il suo carattere lacustre, che conserva tuttora. Una certa oscillazione nella sua ampiezza però si manifesta ogni anno in relazione colle piene e colle magre del Danubio e del Raab, suo affluente. Nel caso di piene prolungate, il suo specchio s'allarga su non meno di 400 chil. quadr. di spazio. Altri laghi, ad escrescenze e decrecenze periodiche, ne sono debitori ai condotti sotterranei, che li alimentano, com'è il caso del lago di Czirnicz, di cui parlammo; e come è dello storico lago o palude di Copai, in Beozia, a maestro di Tebe; altri, come il Bebedero « bevitore » della pampa argentina, ne sono debitori alle condizioni climatiche o ben anco al fatto che l'acqua, da cui traggono alimento, ne viene distratta a scopo d'irrigazione.

Altri diminuiscono senza posa, come taluni che già menzionammo e che appariscono quali residui di maggiori bacini. Siffatto restringimento ha sempre la sua origine nella sproporzione fra il tributo che ricevono e il loro deflusso. Gli è a questa ragione che si deve attribuire il fatto, per esempio, che l'Aral in un solo decennio (1847-1857) ha perduto una striscia litorale larga da 2 a 4 chilometri; che il Balcaš, già un tempo unito coll'Alacul, col quale formava un solo bacino, ora ne è diviso, e anzi dei cinque laghetti, provenienti dall'asciugamento, uno è già a secco; e il fatto che il Titicaca va sempre più ritirandosi, tanto che, mentre un tempo Tia-Huanacu, una delle principali città della Bolivia, si spec-

(1) Sec. la recente Carta della *Regione tra il lago Ladoga ed il Mar Bianco* di G. Cora (in « Cosmos » 1882-83, tav. V), nella sc da 1:3 milioni, la profondità massima del Ladoga, apparisce non oltrepassare i 223^{m}. Però la carta ci pare incompleta. La profondità da noi preferita è pure accettata dal maggior numero dei trattati.

Digitized by Google

chiava nel lago, ora ne dista non meno di 20 chilom.

Ai laghi ora accennati forse andrebbero aggiunti quelli il cui prosciugamento viene agevolato o compiuto addirittura dalla mano dell'uomo; e lo faremmo tosto, qualora questo soggetto non trovasse posto più conveniente in quella parte dell'opera che esamina gli effetti che l'azione dell'uomo esercita modificando la superficie del globo. Soltanto di volo e con un semplice esempio, giova adesso accennare come tali effetti siano qualche volta addirittura enormi. É appunto all'azione dell'uomo ch'è dovuta la cancellazione dalla superficie del suolo italiano di un lago, quello di Fucino o di Celano, che copriva ancora nel 1860 170 o 180 chilom. quadrati di superficie e che colle smodate escrescenze e coi miasmi danneggiava una superficie notevolmente maggiore. Il principe Torlonia di Roma, ripetendo, con maggiore fortuna, l'impresa tentata in antico dall'imperatoro Claudio, costruì tra il 1854 e il 1869 un canale lungo 6301^{m}, che costò oltre a 43 milioni, ma che già donò all'agricoltura forse 240 chilom. quad. di territorio fra quello ch' era occupato dalle acque e quello che ne subiva le dannose conseguenze.

Più raro è il caso di laghi che aumentino il loro livello. Pur non ne mancano esempi, come quello cospicuo del lago di Van in Armenia, che va sempre più estendendosi sulle circostanti campagne, tanto da obbligare i rivieraschi a trasportare ogni anno più lontano i lore villaggi, e da raggiungere ormai la città di Ergis, un tempo separata dal lago per un largo intervallo. Anche senza l'intervento di una mutazione nel grado di piovosità, l'aumento di livello in un lago può essere attribuito di solito o ad ostruzioni ne' suoi scaricatori o al continuo e notevole interrimento a cui vanno soggetti, e che deve cooperare ad innalzarne il fondo e a scemarne la capacità.

Tale interrimento è spesso ragguardevolissimo, specialmente nei laghi di montagna, dove i fiumi sboccano senza diminuire di molto la propria pendenza, e quindi quando sono tuttavia dotati di velocità capace a fluitare un materiale copioso e grossolano. Arrestata ad un tratto o per lo meno costretta ad un tratto a diminuire la propria velocità, raggiungendo il lago, l'acqua del fiume deposita dapprima tutto il materiale più grosso, e più pesante, mentre il più sottile e più leggiero prosegue ad essere trasportato ancora per un certo spazio lungo il filone del lago. Sta in ciò la ragione per cui allo sbocco di un fiume in un lago si forma un vero talus subacqueo, il quale talvolta affiora in un delta, secondo un

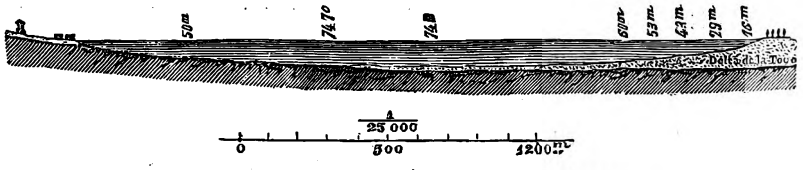


Fig. 300. — Profilo longitudinale del lago di Mergozzo.

processo che noi ben conosciamo, e che differisce da quanto succede nei delta marini, per la mancanza delle maree e delle burrasche, per la qualità del materiale importato e per non essere l'acqua dei laghi sempre salata e quindi per non essere sempre più pesante della dolce. La copia del materiale importato nei laghi e la naturale ristrettezza del loro bacino, arreca effetti ben più ragguardevoli e ben più rapidi di quelli da noi segnalati nei mari. Così, per esempio, è noto come la Toce, sboccando nel lago Maggiore (Figura 300), abbia a poco a poco formato un tale deposito di alluvioni da staccarne completamente un golfo, creando il lago di Mergozzo; così in 17 o 18 anni, la Reuss, dopo essere stata arginata, riuscì a formare nel lago dei Quattro Cantoni un delta lungo 220^{m}; così la maggio parte dei laghi alpini vanno perdendo incessantemente della loro superficie a monte, per compensarsene necessariamente a valle, ovvero rialzando il loro livello. Bellissimo esempio di tale perdita di estensione del lago a monte ci presenta il lago di Ginevra, che in addietro si spingeva almeno 15 o 16 chilom. più in su che oggi non faccia, anzi in modo che Port Valais, oggi distante dal lago circa 3 chilom., 8 secoli addietro sorgeva sulla sua sponda. Analogamente, le due strozzature che presenta il lago di Como, una a monte, al Piano di Colico, e l'altra a valle, al ponte di Lecco, sono il frutto dell'interrimento che le torbide dell'Adda nel primo caso, e quelle di piccoli torrenti montani nel secondo, apportarono. E tutti due i fenomeni

Digitized by Google

ebbero per effetto la creazione di laghetti, diremo quasi filiali, cioè quello di Mezzola a settentrione del Piano di Colico, il doppio laghetto di Pescarenico e di Olginate a mezzogiorno del ponte di Lecco. E anche in questo caso, com'è ben naturale, siffatti interrimenti, e quegli altri moltissimi che non si adducono e che colmarono il lago, ne alzarono il livello, com'apparisce dimostrato dalle fondazioni antiche di Como e di Lecco, poste anche per edificî cospicui, a livelli inferiori di quelli che il lago, specialmente in piena, oggi presenta. A questo modo, in qualche località l'azione dei fiumi è riuscita a colmare completamente i laghi, sicchè questi scomparvero. L'Aluta in Transilvania, in tal guisa, coll'andar dei secoli finì per restar privo del copioso corredo dei laghi scaglionati, ch'esso attraversava e che venne per propria azione a distruggere.

Già dicemmo alcunchè del colore delle acque lacustri, allorchè trattammo di quello delle sorgenti e dei fiumi. Nei laghi il colore certamente è influenzato dalla serenità del cielo, dalla tinta del fondo, dalla natura delle torbide che vi apportano fiumi e torrenti, dalla profondità, dalla maggiore o minore increspatura prodottavi dai venti o dalle correnti subacquee. Ma vi hanno influenza senza dubbio, come in tutte le acque, la qualità e la quantità di alcuni fra i sali che vi stanno disciolti e la temperatura. È a queste varie circostanze che si deve attribuire il verde pistacchio del lago di Brienz, il verde malachite di quello di Wolfang, presso Ischl, il verde smeraldo di quello di König (1), l'azzurro di quello di Thun, e di quello d'Albano, l'azzurro profondo di quello di Garda, il turchino di quello di Traun.

Dalla copia e dalla natura della materia sospesa o discioltavi resta pure influenzata la trasparenza delle acque dei laghi. Così ve n'è alcuno che lascia scorgere ogni menomo accidente a profondità notevolissime. Come tipico fra questi si cita il lago Superiore nell'America Settentrionale, e il lago di Nemi, lo « specchio di Diana » posto a sirocco di Roma. Nel lago Velter in Isvezia una moneta si distingue nettamente alla profondità di 22 o 23^{m}, e in alcuni laghi della Norvegia la trasparenza è tale che il fondo si scorge a 30 ed anche a 40^{m}, sicchè a chi lo traversa sembra quasi di navigare sospeso nell'atmosfera.

Il fenomeno più comune che il tributo dei fiumi produce nei bacini lacustri consiste in quelle oscillazioni di livello che costituiscono anche per essi uno stato di *magra* e di *colma*. Naturalmente queste oscillazioni dipendono dalla capacità del lago, dall'ampiezza del bacino di scolo, dalla copia dei tributarî, dalla portata dello scaricatore, dall'abbondanza e dalla rapidità della precipitazione. Così, per esempio, secondo gli studî del Lombardini, la superficie del lago di Garda è circa $^{1}/_{7}$ di quella del suo bacino di scolo, e in esso la massima magra cala a 0.9 sotto e la massima piena sale a 1.9 metri sopra il livello medio del lago; mentre nel lago Maggiore, la cui estensione è da 20 a 22 volte minore del bacino, la differenza in meno della massima magra è di 1.2 e quella della massima piena è di 6.4 metri, il che dà un'amplitudine totale di 7.6 metri.

Però non sempre il rapporto fra il bacino di scolo e il lago esercita una decisa influenza sulle piene di questo. Così il lago d'Idro, che s'estende sopra uno spazio circa 450 volte minore del bacino tributario, presenta uno scarto dalla media, nelle magre eguale a 0.6, nelle piene eguale a 2.0 metri, in totale di 2.6. Il lago di Ginevra, esteso da 13 a 14 volte meno del proprio bacino, oscilla fra — 1.2 nelle magre e + 2.9 nelle piene, così da dar luogo a un'amplitudine di 3.1.

Alcuni laghi vanno altresì soggetti a maree e a correnti. Fra i primi occupa un posto notevole il lago Michigan nell'America settentrionale, dacchè le sue maree presentano un'amplitudine non inferiore a 0.75 metri, cioè paragonabile a quella dell'Adriatico. La piccolezza dei bacini lacustri rende però assai poco sensibili, anzi sovente dubbiosi siffatti movimenti di marea, tanto che, per esempio, ancora, dopo molte osservazioni, non si può affermare con piena sicurezza se vi vada o meno soggetto il laghetto vulcanico di Nemi, uno fra i più conosciuti, e il lago di Garda, uno fra i più studiati laghi del mondo (1).

Invece sovente i laghi sono traversati da

(1) Crediamo che il giudizio sui colori dei laghi resti molto influenzato dal grado di serenità del cielo, dal colore e dal carattere delle nubi, dalla stagione, dalla semplice altezza del sole sull'orizzonte. Allorchè noi visitammo il Königssee (Fig. 293 a pag. 441) presso Berchtesgaden, il sole si avvicinava al tramonto, il cielo era quasi sgombro da nubi, mentre qualche ora innanzi avea avuto luogo una pioggia estiva. Il lago ci apparve di una tinta verd'azzurra cupa, non già smeraldina come quella che generalmente gli viene attribuita.

(1) Goiran, *Storia sismica della provincia di Verona*. Verona. 1880, pag. 117 e seg. A questa fonte attingemmo parecchie delle notizie che si riferiscono al lago di Garda e che più sotto esponiamo.

Digitized by Google

correnti più o meno forti, che non sempre possono essere spiegate coll'andamento dei fiumi che li traversano. Di tal genere è il cosidetto *corrivo* o « corriv » del lago di Garda, di solito diretto da sud a nord, o da nord a sud, spesso subacqueo, qualche volta composto di due correnti, inferiore l'una, superiore l'altra e procedenti in senso rispettivamente contrario, sovente ancora ritenuto presagio di forti commozioni lacustri od atmosferiche. È difficile assegnare una causa sicura alla formazione del corrivo. Forse esso proviene da sbilanci di temperatura; forse, ed è più probabile, da un'azione insistente del vento, analoga a quella del flutto-corrente in mare, ovvero da un movimento di compensazione, che necessariamente deve aver luogo ogni qualvolta una siffatta azione abbia prodotto un accumulamento delle onde, una specie d' « acqua alta » in alcuna parte del lago; fors'anco vi tengono parte secondaria, ma non trascurabile, gl'influenti sotterranei, della cui esistenza nel Garda non si può dubitare.

Un fenomeno del pari curioso e del pari non esplicabile in modo sicuro è quello che si nota nel lago di Ginevra, sotto il nome di *les seiches*, nel lago di Garda sotto quello della *sessa*, e nel lago di Costanza sotto quello di *russ*. Esso consiste in una repentina e straordinaria alterazione di livello del lago, non giustificata in molti casi nè dal vento, nè da maggiore efflusso acqueo per parte dei tributarî. Segnalati pel Garda, fin dal 1566, dal Calceolari, che ne avea viste le « onde hora placidissime in un subito turbarsi, fremere i liti », e pel lago di Ginevra da Fazio di Duillier nel 1730, questi rialzi improvvisi delle acque non sembrano esclusivi degli accennati, ma forse sono comuni a tutti i laghi del mondo, benchè, per la loro consueta esiguità, non sempre avvertiti. Certo è ch'essi si riscontrarono lungo il Baltico e nei laghi canadiani; e, sì qua che là, in corrispondenza perfetta colle oscillazioni della colonna barometrica, tanto che ormai si ritiene generalmente ch'essi si debbano appunto attribuire ad una depressione atmosferica. La grandezza della *sessa*, come avvertimmo, è ordinariamente scarsa. Nel lago di Garda l'oscillazione ha un'amplitudine totale non maggiore di 10 o 12 centimetri. Ma talvolta essa acquista proporzioni notevoli. Così, nel gennaio 1787, con tempo bellissimo, la sessa in pochi minuti salì di $^1/_2$ metro e in pochi minuti tornò al livello di prima, proseguendo poi in tale oscillazione per circa 3 ore, mentre l'acqua corre a rapidamente verso mezzogiorno. Analoghi fenomeni avvennero nel giugno 1856 e nel dicembre 1854, anzi in quest'ultimo, sebbene l'innalzamento sul pelo anteriore non fosse che di 13 centimetri, il turbamento del lago fu notevolissimo. Nel Lemano *les seiches* talvolta dànno origine ad oscillazioni più considerevoli: come, ad esempio, quella segnalata dal De Saussure nell'agosto del 1763, nella quale il gonfiamento del lago fu stimato di 1^m48 in 10 minuti; e l'altra del 2 o 3 ottobre 1841, descritta dal Venié, e nella quale l'oscillazione presentò un'amplitudine di 2.15 metri.

Il Réclus, avvicinando questi fenomeni alle oscillazioni marine, segnalate sulla costa della Sicilia, e specialmente presso Mazzara, sotto il nome di *marrubia*, a quelle dell'Euripo fra Negroponte, l'Attica e la Beozia, tutte le richiama alla causa barometrica accennata. Altri, fra cui il Daubeny, per la marrubia siciliana, e il Goiran, per la sessa del Garda, inclinerebbero a crederle, in qualche caso almeno, provenienti da moti sismici del fondo.

L'acqua dei laghi si presenta soggetta a rimanere influenzata dalle vicissitudini termiche dell'atmosfera, molto più che non lo siano i mari. Per questo motivo, favoriti dalla circostanza che i laghi ordinariamente son posti ad una certa altezza sul livello marino e che il più fra essi sono ripieni di acque dolci, son moltissimi quelli che d'inverno gelano. Se il lago non è agitato da burrasche, la formazione dei suoi ghiacci è molto più uniforme e regolare che non quella dei ghiacci fluviali, dove l'acqua è sempre in movimento. Avviene quindi che, specialmente nelle lastre di ghiaccio lacustri, si manifesti spiccata la tendenza dell'acqua a cristallizzarsi secondo quelle forme geometriche esagonali descritte così vivamente dal Tyndall (1).

Generalmente i laghi gelano più presto dei fiumi appunto in ragione della loro maggiore quiete. Perciò è comune il congelamento invernale di tutti i laghi delle regioni fredde e montuose, massime se dotati di modeste dimensioni. Ma anche fra i laghi più grandiosi ve n'è taluno che gela completamente. Ad esempio, citiamo il Baical che si copre di uno strato di ghiaccio spesso ben due o tre metri e che rimane in tali condizioni tre interi mesi. Nelle regioni temperate ciò avviene ben più di rado. Il lago di Costanza, quantunque posto all'altitudine di 398^m, gela lungo le sponde

(1) *Le forme dell'acqua* ecc., Milano, Dumolard. 1877, pag. 97.

Digitized by Google

soltanto negl'inverni rigorosi e tutto intero non si coperse di ghiacci se non 5 volte, in un lasso di tempo di 400 anni. È facile poi imaginarsi, come, a seconda delle dimensioni dei laghi, dei varî contributi fluviali o torrentizî, delle burrasche, alle quali son soggetti, la formazione e lo scioglimento dei ghiacci lacustri diano origine ad infinite combinazioni, a creazione di seracs, paragonabili a quelli dei ghiacciai, a rigurgiti e a fenomeni consimili.

Libere dai ghiacci, le acque dei laghi presentano, come già quelle dei mari, una temperatura crescente colla profondità nei giorni freddi dell'anno, decrescente nei giorni caldi, il che palesa che le oscillazioni della temperatura atmosferica si fanno o poco o nulla sentire a certe profondità. Così, per esempio, pare che nel lago di Ginevra lo strato a temperatura invariabile cominci a circa 75^{m} dal pelo superiore.

Avendo il De Saussure trovato che l'acqua

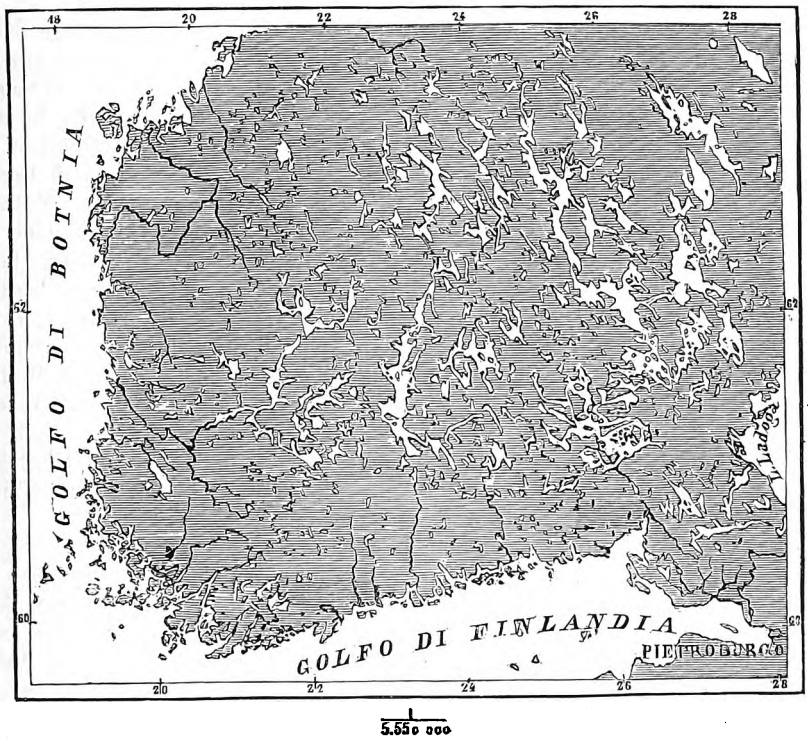


Fig. 301. — Laghi della Finlandia.

del fondo di molti laghi svizzeri segnava 4° del centigrado, si credeva dai dotti di dare una spiegazione a tal fatto, coll' attribuirlo alla circostanza che l'acqua, appunto a quella temperatura, presenta il massimo suo peso, e che perciò le parti più depresse del lago dovevano precisamente essere occupate da acqua a quella temperatura. Le ricerche più recenti non riconoscono generale questa regola. La temperatura dell'acqua profonda non discende mai a zero, ma in qualche lago è più calda, in qualche altro più fredda dei 4°. Così nel lago di Zurigo, allorchè l'acqua alla superficie presenta la temperatura di 0°2, presso il fondo presenta quella di 3°7; nei laghi del Salzkammergut oscilla tra 4 e 5°, nel loch Lomond in Iscozia non arriva nemmeno ai 2° (1). La credenza assai diffusa e specialmente ripetuta pel Baical che il ghiaccio dei laghi si formi dapprima sul fondo, poi salga alla superficie, non ha base di sorta.

Come avviene della maggior parte degli accidenti geografici, anche i laghi sono distribuiti sul globo con uno spiccato apparente disordine. Qua essi si manifestano fitti in modo che la terra è costituita da un reticolo d'istmi, come, ad esempio, nella Finlandia (Fig. 301) o in qualche parte della Norvegia; là si percorrono spazî enormi di suolo, senza che un

(1) Vedi in proposito alcune osservazioni sulla temperatura e sullo strato di ghiaccio del laghetto del Moncenisio nell'inverno del 1882, nel *Bollett. Mensuale dell'Ass. Meteor. ital.*, 1881-82, pag. 79.

Digitized by Google

solo bacino lacustre interrompa le terre asciutte. La Spagna, l'Arabia, il Sahara, vasti tratti dell'America meridionale, il Caucaso, i Pirenei, l'Imàlaia, possono fornire altrettanti esempî di siffatta scarsezza di laghi. Non è difficile trovare però una certa tendenza dei laghi a distribuirsi in zone e in gruppi. In Europa, per esempio, si nota il gruppo dei laghi alpini, la serie ben più copiosa dei laghi che in larga cerchia contornano il Baltico, quella dei laghi caspiani, quella dei laghi irlandesi e scozzesi, oltre a zone minori, come quella dei *Morskie Oco* od « occhi di mare » nel Tatra (121 nel solo versante meridionale), e quella dei laghetti craterici della Campania, delle pozze dell'Apennino, dove fra Pracchia e le sorgenti del Taro se ne trovano non meno di 41, variabili in superficie fra 7 ettari e $^1/_8$ di ettaro (1). Fuori d'Europa son note: la gigantesca catena dei laghi canadiani, che costituiscono un vero mediterraneo d'acqua dolce; quella dei laghi dell'America artica; la serie dei grandi laghi dell'Africa centrale. Non per la sua fittezza, ma per il suo allineamento è notevole pure la zona lacustre che dal Caspio, per l'Aral, pel Balcan, per l'Ubsa-nor, e pel Cossagul, raggiunge il grande lago Baical, zona già da noi menzionata (2).

La fittezza e la copia dei laghi in alcune delle regioni accennate è tale che, anche se nessuno fra essi individualmente presenta dimensioni molto grandi, nell'assieme finiscono collo stendersi sopra superficie ragguardevolissime. Così, ad esempio, i 360 principali laghi della Svezia, segnati sulle carte, occupano, secondo lo Strelbitsky (3), poco meno di 37000 chilometri quadr. di superficie, cioè l' 8.2 per 100 della intera superficie del regno; i 1600 principali laghi della Russia europea, dotati di una superficie grande almeno 5 chil. quad., ed escluso il Caspio, occupano nell'assieme più di 100,000 chilom. quadrati e, sommati colle migliaia di laghi minori che quello stato possiede, occupano poco meno di 115,000 chilometri quadr., cioè circa il 2.1 per cento, sempre della parte europea, di quel vastissimo impero. Ma nella Russia stessa la sola Finlandia ha più di 47,800 chil. quadr., cioè il 13 per cento del proprio territorio occupato da laghi! E negli Stati Uniti dell'America settentrionale la zona lacustre, che va da Minesota al Maine, occupa il 3.3 per cento di quelle regioni, ma in modo che nel Maine il rapporto sale a 4.6 per cento, con 1,568 laghi, e nel Minnesota quasi al 7 per 100, con 10,000 laghi. Invece in Italia i laghi non occupano se non circa 2,100 chilom. quadr., cioè neanche l'1 per cento (il 7.5 per mille) del complessivo territorio; in Ispagna, pur compresivi estuari e lagune, occupano appena 377 chilom. quadr., cioè in proporzione il 7.5 per 10,000, dieci volte cioè ancora meno della superficie lacustre spettante all'Italia.

Si può, al primo istante, esser tentati di cercar la ragione di siffatta diversa distribuzione di laghi nella maggior copia di precipitazione acquea in un dato territorio. Certamente essa è un fattore importante nella formazione dei laghi; ma non è il solo; altrimenti il Portogallo dovrebbe essere ricco di laghi, se non come la Scozia, almeno come l'Italia, e dovrebbe esserne povera la regione del mediterraneo canadiano e ricchissima la zona torrida, la quale, salvo i grandi laghi africani, ne è invece scarsamente fornita. Il tanto che dicemmo intorno all'origine dei laghi, ci scusa adesso dall'estenderci sulla moltiplicità delle cause che concorrono o che concorsero a formarli e l'accumularsi delle quali, in alcune piuttosto che in altre regioni del globo, spiega altresì le ragioni della corologia dell'importante fenomeno.

8. Un accidente geografico che presenta, molta affinità coi laghi, che anzi sovente con essi si accompagna, quando con essi non si confonde, è quello che si suole designare col nome di *palude* o *padule*, coi sinonimi più o meno corrispondenti di *pantano*, di *acquitrino* e consimili (1). Il palude differisce dal lago per la minore profondità, pel carattere stagnante delle acque, e sopratutto per la vegetazione di giunchiglie, di cespugli, di alghe, di conferve, di canneti, di muschi, che appunto quelle due circostanze permettono si sviluppi in seno alle acque. Tale vegetazione assume talvolta uno sviluppo così esuberante che, come avviene nella giungla tropicale, l'acqua sparisce sotto l'infinito in-

(1) Cnfr. De Stefani C., *I laghi dell'Appennino Settentrionale*, in *Bollett. del Club Alp. ital.*, 1883, pag. 99.

(2) Pag. 240.

(3) *Superficie d'Europa*, altre volte citata.

(1) All'italiano *palude*, *padule*, *acquitrino*, *pantano*, *lama*, corrispondono le voci *marais*, *marécage* in francese; *palude*, *pantano* in ispagnuolo; *sumpf*, *fen*, *fenne*, *loh*, *luch*, *brüche*, *moore*, *morast*, *marsch* in vari dialetti tedeschi; *fenn* in olandese; *bog*, *swamp*, *marsh*, *morass*, *moor*, *fen*, *turf-moss*, *peat-moss*, *quagmine* in inglese; *kärr*, *myror* (se erbosa), *mossar* (se coperta d'acqua) in svedese; *blato* o *bloto* in quasi tutte le lingue slave e per giunta *bahno* in boemo, *bagna* in polacco, *bâra* in croato, *mocvirje* in croato; *mocsar*, *sar*, *mocirca*, in ungherese; *glod*, *tin*, in rumeno; *sebca*, *sciot* o *sciat* in arabo, ecc.

Digitized by Google

treccio di piante che alimenta. Altrove invece il predominio di poche specie e l'intervento del gelo, come notammo nella tundra siberiana, genera un tappeto soffice e acquitrinoso, capace di sostenere soltanto il leggero peso della renna, non già quello dell'uomo.

Le paludi, come i laghi, si trovano dovunque sul globo; non mancano nelle elevatissime montagne, specialmente nelle conche senza fondo, o lungo le selle piatte a dolce displuvio, o alle porte dei ghiacciai; ma preferiscono generalmente le regioni depresse, gli orli o i delta dei fiumi e dei laghi, le spiaggie marine. È raro che i fiumi a grande portata e a corso lento, ovvero soggetti a piene ragguardevoli e a spandimenti duraturi, non siano accompagnati lungo il loro decorso inferiore quasi da una corona di paludi, che li limitano, mentre ne rendono in pari tempo incerti i margini. Il Danubio e la maggior parte dei fiumi russi, il Tigri e l'Eufrate nel loro corso inferiore, l'Indo, il Gange e in genere i mag-

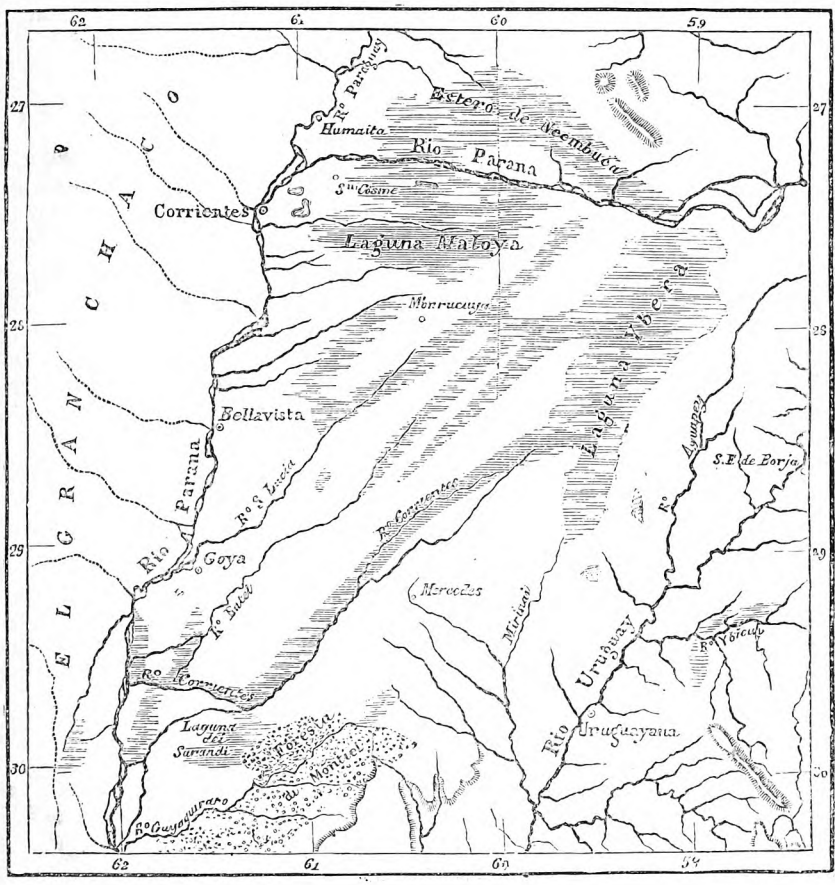


Fig. 302. — Le paludi di Corrientes lungo il Paraguay e il Paranà.

giori fiumi asiatici, il Mississippi, l'Amazzone, il Gioliba, il Senegal, la Gambia, il Congo, il Murray ed infiniti altri, dànno origine alla formazione di tali paludi marginali. Nell'alto Nilo si può dire che tutte le regioni contermini al Bahr-el-abiad e ai suoi affluenti, il Bahr-el-gazel (fiume delle Gazzelle), il Bahr-el-gebel (fiume del Monte) o Kir dei Denca, il Bahr-el-zeraf (fiume delle Giraffe) fra il $5^{o}\frac{1}{2}$ e il $9^{o}\frac{1}{2}$ di latitudine settentrionale, per una lunghezza di 450 chilom., formino altrettante zone palustri, che accompagnano con varia larghezza quelle correnti, e da ultimo s'espandono nel No, palude essa pure, piuttosto che lago; dove, frammezzo gl'innumerevoli canneti, s'eleva ogni qual tratto il *cyperus papyrus* e il simbolico loto; dove allargano le loro foglie le ninfee; dove elevano i loro monticelli le termiti tormentose; dove si nasconde nel pantano l'ippopotamo e donde escono micidiali esalazioni miasmatiche.

Digitized by Google

Più estese di quelle dell'alto Nilo sono ancora le successive serie di paludi che accompagnano il Paraguay (Fig. 302), e molti dei suoi affluenti per 7 od 800 sopra una larghezza di 200 o 300 chilom., sotto i nomi di *jarayes*, di *pantanal*, di *salinas*, di *lagunas*, che corrispondono tutte più o meno alle nostre paludi. Nella stagione delle piogge, tale sequela di specchi lacustri e acquitrinosi si muta in un solo enorme e discretamente profondo bacino d'acqua, la laguna Paraisa dominata da un lento moto nella direzione generale del fiume. A mezzogiorno del rio Paranà la doppia palude detta laguna Malahoya (mala fovea) e laguna Ibera, colle varie appendici, non occupa meno di 400 chilometri in lunghezza, su 100 o 120 in larghezza.

In Europa son celebri per estensione fra altre le paludi di Rochitno in Volinia, formate dal Pripet (Przypiec), affluente del Dgnepr . Si calcola la loro estensione non inferiore ad 80,000 chilom., in gran parte coperti ordinariamente da boscaglie acquitrinose, e ridotte in un vero bacino lacustre e palustre durante l'epoca delle inondazioni. La pretta regione palustre però è molto minore di quanto accennammo e si riduce specialmente a quel dedalo di stagni, di pantani, di torbiere e di macchie che si stendono presso Pinsc, e dal cui nome si chiamano. La causa principale che ne determinò la formazione è la orizzontalità del suolo e quindi l'assenza di spartiacque. Però adesso quella regione, sede di una fauna poco comune nel resto d'Europa (castori, lontre, varietà speciali di lepri) e di malattie miasmatiche pure originali, quali la *plica polonica*, sta per essere, come lo è già in parte, ridonata all'agricoltura, in seguito ai grandi lavori di regolazione, delle acque e di bonifica, incominciati dal governo russo nel 1873 e tuttavia proseguiti.

Tutti i fiumi della Germania nel loro corso inferiore, quelli dell'Olanda e del Belgio presentano fenomeni analoghi, ma assai più limitati sì originariamente, quanto in seguito all'opera efficace dell'uomo. Nell'Irlanda la palude e il terreno coperto dalle acque scure non si calcolano a meno di $\frac{1}{10}$ dell'intero territorio. Nell'Ungheria, il Danubio da Presburgo alle porte di Ferro, salvo qualche breve tratto, procede costeggiato da una larga zona di paludi e di acquitrini, che talvolta si stendono ancora maggiormente, com'è il caso dell'*Hanšag* del lago di Neusiedler, che con tal nome si chiama il delta dei suoi maggiori tributarî.

I laghi stessi dànno origine, dicemmo, a delle vere paludi o addirittura si tramutano in paludi. Il lago Tsade nell'Africa centrale, i laghi Balaton (dalla voce slava *blato*, palude) e Neusiedler in Ungheria, il Trasimeno in Italia, ed infiniti altri, presentano i loro margini contornati da fitte paludi. Comune è l'impaludarsi dei laghi specialmente in certe condizioni: mancanza di emissario, che mantenga in moto continuo le acque; dolcezza del pendio lungo le spiaggie; facilità di spandimenti. Una volta cominciata la formazione di una vegetazione palustre, essa si propaga e si aumenta da sè, specialmente coi resti organici ai quali dà luogo e che producono dei depositi facili a decomporsi ed oltre modo favorevoli alle piante acquatiche.

Nei laghi, nelle bassure, lungo i fiumi, a questo semplice procedimento va sovente accoppiandosi o sostituendosi quel più complesso che ne tramuta i fondi in torbiere (1).

È noto come la *torba* (2) sia un combustibile fossile, un *quid medium* tra il regno organico e il minerale, poco pesante, spugnoso, che appunto si scava dal fondo delle paludi. Una occhiata anche superficiale mostra come la torba sia costituita da un infinito viluppo di foglie, di tronchi, di fibre, di corteccie, di barbe, di radici vegetali, incompletamente trasformate in un impasto terroso. Perchè la torba si formi è necessario che in un'acqua tranquilla cresca una forte vegetazione acquatica di tale natura che le piante continuino a svilupparsi superiormente, mentre le loro radici muoiono inferiormente; condizione a cui soddisfanno alcune specie di muschi, come lo sfagno, l'*hypnum* e simili. Altre condizioni favorevoli alla formazione della torba sono l'assenza dei grandi calori, una grande umidità nell'aria e la limpidezza delle acque. Del resto non è nemmanco necessaria la preesistenza di un bacino d'acqua per la formazione della torba; la potenza d'assorbimento dello sfagno è tale che, in un clima umido e ad esso confacente, esso medesimo si crea il fondo acquatico che gli abbisogna.

La morte delle parti inferiori delle piante, avvenuta in un'acqua che, alimentandole, fu già privata del proprio ossigeno, assieme al depositarvisi accidentale di foglie e frondi disseccate e portatevi dal vento o dalle correnti, produce nel fondo del palude l'accumulamento

(1) LAPPARENT, pag. 327 e seg.: — STOPPANI, 1.° pag 204; — RÉCLUS, 1.°, pag. 570; — CATULLO, *Trattato* cit., pag 36 e seg.

(2) *Tourbe* in franc., *torf* in ted., *durff* in inglese.

Digitized by Google

di sostanze organiche, le quali a poco a poco vi si decompongono, onde s'ingenera una incompleta combustione paragonabile a quella che noi possiamo artificialmente sviluppare nelle nostre carbonaie. Così, in un tempo più o meno lungo, lo sfagno si trasforma in un tessuto spugnoso, sempre più compatto e sempre più scuro, specialmente nelle parti inferiori del deposito, e da ultimo diventa una vera torba. La rapidità della trasformazione e dell'accrescimento varia da luogo a luogo. Nel Jura si calcola necessario un secolo per la formazione di una strato di torba fra 0.5^{m} e 1. 3^{m}.

Il cenno sulle condizioni più favorevoli alla formazione della torba dà ragione del perchè essa sia soltanto un'eccezione nelle zone tropicali e sia invece comune nelle regioni temperate, dove talvolta raggiunge uno spessore di 8, 10 e più metri e s'estende per tratti notevolissimi. In Irlanda le torbiere, o *bogs*, presentano una estensione di forse 10,000 chilom. quadr., e il loro spessore medio non è minore di 8, e talvolta arriva a 13^{m}; una sola fra le torbiere, quella del Shannon, si stende da 4 a 500 chilom. quadr. Nella bassa Germania e in Olanda esse occupano pure un'estensione sterminata, distinte in *veenen* o *feenen* (torbiere continentali) e *mooren* o torbiere litorali e marittime, perchè occupano le località dove un tempo esistevano delle lagune oggi emerse e con un lungo processo, al quale

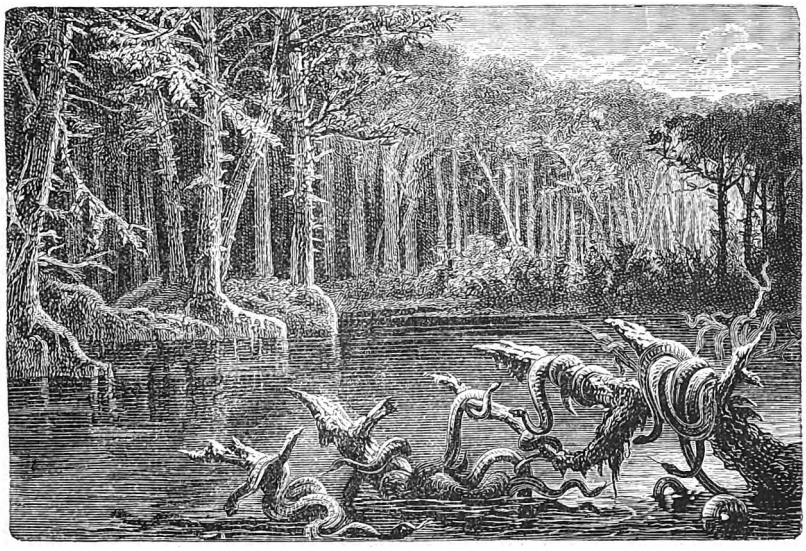


Fig. 303. — La palude « della febbre » nella Florida.

parteciparono, come primi agenti l'umidità e la precipitazione atmosferiche e le piante stesse, liberate a poco a poco dalla salsedine. Una sola delle grandi torbiere tedesche, quella di Bourtange, si giudica estesa 1400 chilom. quadrati (1).

In Italia non mancano torbiere, specialmente lungo tutta la zona subalpina e la corrispondente regione morenica dal Piemonte al Friuli; e se ne notano parimente lungo le selle o gli altipiani alpini, nonchè nella zona peninsulare ed insulare, a Viareggio, in Sardegna ed altrove.

In America sono famose le sterminate torbiere della Carolina, della Virginia e della Florida (Fig. 303) non soltanto per la loro estensione, ma altresì per le singolari caratteristiche di molte fra esse e per gli stadi diversi ch'esse presentano secondo le località.

(1) Una formazione fitogena, ma notevolmente diversa dalla torba, sarebbe pure quella delle « terre nere » o *černosiom* della Russia meridionale. Non calcolando quelle appendici che si notano nell'Ungheria e nella Rumenia, nella sola Russia s'estende fra i Carpazi, il mar Nero, il Caspio e gli Urali per forse 950.000 chilom. quadr., tanto che fra i geologi la immensa zona che n'è coperta è nota sotto il nome di « continente delle terre nere ». Ad ovest essa non passa il parallelo 57° e all'est il 52° e s'arresta poco a nord delle foci dei fiumi che sboccano nel mar Nero. Le « terre nere » sono costituite in gran parte dal prodotto della decomposizione proseguita per secoli della rigogliosa vegetazione erbacea delle steppe, mescolato a frammenti del sottosuolo, e ridotto adesso a coprire di una cotica fertilissima e spessa talvolta anche più di 1 metro, il vasto territorio accennato. Soltanto i fiumi, le foreste, i forti pendii e le paludi segnano qualche interruzione alla immensa formazione fitogena.

Digitized by Google

Fra gli altri curiosi fenomeni, ivi si manifesta su grande scala quella delle *praterie tremanti*. Non ignote altrove, dacchè se ne avvertirono di consimili nel Brasile sotto il nome di *tremendal*, a Cuba sotto quello di *trembladeros*, nell'Irlanda sotto quello di *shaking bogs*, nelle maremme toscane sotto quello di *pollini*, siffatti densi tappeti d'erba, che oscillano incerti sopra un fondo di limo o di acqua, ora sollevati da questa, ora depressi, sempre pericolosi, sono un fenomeno interessantissimo. L' estensione, che ivi prendono le torbiere, permette che se ne segua a passo a passo la formazione, poichè le praterie tremanti del mezzogiorno mostrano cedere a poco a poco il posto alle paludi torbose e quindi alle torbiere propriamente dette, qualora si proceda verso settentrione, dove le condizioni climatiche sono più favorevoli allo svolgimento completo del processo loro necessario. È appunto sul limite fra la Virginia e la Carolina che si trova la prima grande torbiera, quella che porta il nome sinistro di *Dismal swamp*, la «torbiera triste». Essa può anche fornire l'esempio di una fra quelle paludi torbose, comuni nell' Holstein, nella Pomerania ed altrove, che si gonfiano sollevandosi di alcuni metri sulla circostante pianura.

Sempre non sono i muschi soltanto che costituiscono l'elemento vegetale delle torbiere. Talvolta vi concorrono altre piante, anche arbustacee, giunchi, carex e simili; anzi, come si notò nella Patagonia, i muschi in qualche caso son totalmente sostituiti da piante di specie diversa.

Qualora si ponga mente alla zona di torbiere e di *cipriere* (cypress swamps) che, come dicemmo, si stende lungo la costa del golfo del Messico e dell'oceano Atlantico fino alla baja di Chesapeake, alternata di *swamps*, di *everglades* (stagni), di *pine barrens* (pinete rialzate), di *hammocks* (isole coperte da arbusti) e da ultimo terminata in una zona di vere lagune, non si può a meno di confrontare le condizioni sue, salvo le proporzioni, a quelle nelle quali si trova buona parte della costiera italiana.

Anche qui, ad esempio, la curva elegante con cui termina a maestro l'Adriatico, è assecondata da una zona parallela e concentrica, che segue o si confonde verso il Friuli colla regione dei fontanili, e verso il Polesine e il Ferrarese col delta padano. Dovunque però, sopra una larghezza variabile per parecchi chilometri ed estesa dal Timavo al Rubicone, si alternano anche qui gli stagni, i paludi, le risaie e le dune. Nè qui mancano le torbiere e nemmeno, quantunque in piccole proporzioni, le praterie tremanti o galleggianti, che nel Polesine, appunto per la loro elevazione, si chiamano *terreni levà*. Laddove poi siffatti terreni fitogeni si fissano al fondo, pur sovrastando al suolo circostante, assumono il nome di *quori;* e ve ne sono di estesi centinaia di ettari, che ridotti a coltura riescono oltremodo feraci, specialmente di grani. Tra i terreni più depressi e i *quori* del Polesine v'è talvolta un dislivello di 7 od 8 metri. La palude o il *paluo* dei Veneti sovente finisce o s' alterna coi terreni *vallivi* o colle *paleazze* e *valli* da canna e da pesca, stagni o laghi più o meno litorali, talfiata profondi (specialmente nei cosidetti *chiari*, o *fondi*), separati un dall'altro da strisce di *grisiole* (canneti), ricchi di erbe palustri, e sedi di una abbondante fauna di pesci e di uccelli acquatici. Il nome di valli è anche adoperato talvolta per semplici bassure interne che seguono i corsi dei maggiori fiumi e che ne sono inondate nelle varie piene. Tale è il significato dei nomi di valli Veronesi ed Ostigliesi, la maggior parte delle quali si stendono nella porzione inferiore della provincia di Verona, la minore in quelle di Mantova e di Rovigo. Oggidì, per altro, dei grandi lavori di bonifica hanno quivi ridotto a circa 30 chilom. quadrati il terreno palustre o capace di coltura a risaia stabile, o incapace affatto di coltura, ed hanno migliorato in modo deciso un'estensione di forse 600 chilom. quadr., che un tempo venivano più o meno coperti o infrigiditi o danneggiati dalle acque (1). Del resto, nel solo Veneto, il territorio occupato da stagni, laghi, paludi, non è inferiore ad 800 chilom. quadr., e quello delle valli da pesca ammonta a circa 400 chilom. quadr. Appena fuori del Veneto, le soli valli di Comacchio, avanzo della padusa pliniana, occupano 433 chilom. quadr. di superficie.

In questi numeri, giova dirlo, sono altresì compresi degli spazi di vera *laguna* (2). È noto cosa essa sia. Ne parlammo di già e forse ne riparleremo a suo luogo. Nel Veneto, essa si divide in *laguna morta* e *laguna viva:* quella posta lungo la terraferma e solitamente sottratta all'influenza del

(1) V. *Atti della Giunta per l'inchiesta agraria*, vol. IV, fasc. II, pag. 488. Roma, Botta, 1883. (Relaz. del prof. E. Morpurgo sulle Provincie Venete).

(2) *Annotazioni sulle lagune di Venezia*, Foglio G. 5 della *Carta del Regno Lomb.-Ven.* 1:86,400, pubbl. dal l' *Istit. topogr milit. austr.*, nel 1839.

Digitized by Google

mare, salvo nei casi di burrasca o di acqua alta; questa invece soggetta all'azione delle onde marine, che vi penetrano dai porti. La laguna morta è costituita in gran parte da *barene* o banchi sabbiosi appena affioranti dall'acqua salmastra, dalla quale, anche nell'alta marea ordinaria, sporgono i dorsi coperti di piante salsugginose, erbacee, le cosidette *brulle,* una specie di gramigna palustre, traversati da numerosi canali poco profondi e ad alveo fangoso e mefitico, e interrotti dalle accennate valli da pesca. Nella laguna viva, che forma la porzione minore e contermine al mare, talchè non ne è separata che dai *tomboli* del cordone litorale, la marea tiene più mossa ed agitata l'acqua, che è già abbastanza profonda da non iscoprire le *velme* o i dorsi sabbiosi, se non nelle ore del riflusso; ond'è che i canali e le loro *code* o *ghebbi* si possono riconoscere soltanto a mezzo delle

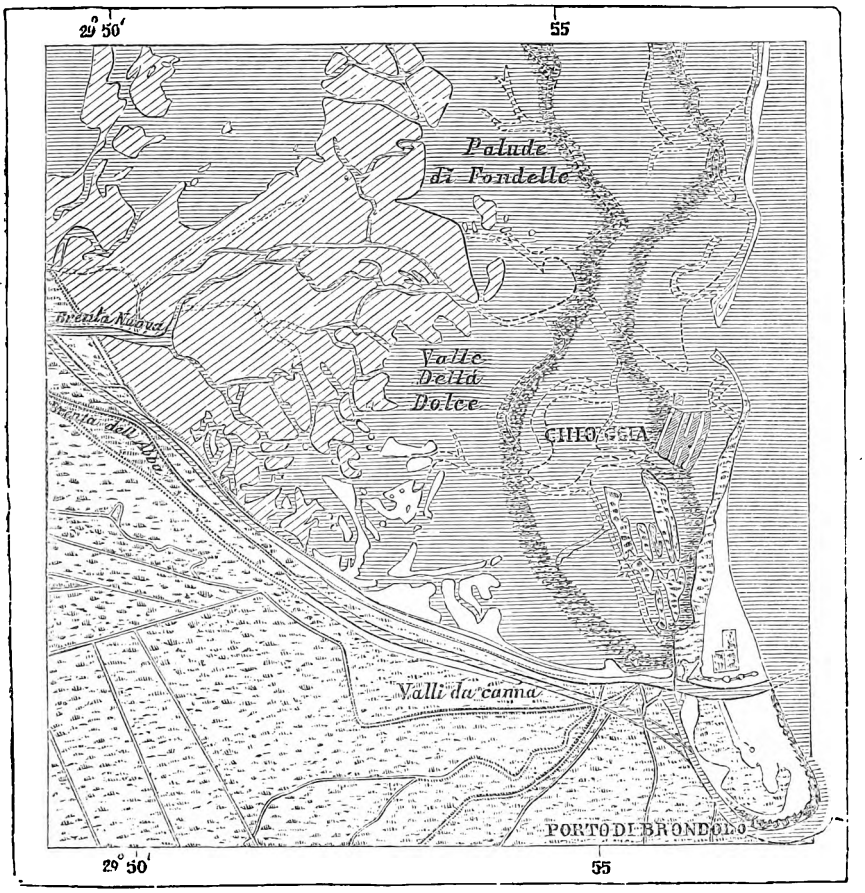


Fig. 304. — Laguna di Chioggia.

mede o *mee*, delle *paline* o *pennelli* o *fori*, grossi pali o aggruppamenti di pali destinati a segnare il cammino ai battelli che traversano la laguna. I *canali* poi generalmente rappresentano alvei attuali od antichi dei fiumi che sfociano o sfociavano dapprima in laguna, e poscia, solcandola, in mare. Le loro torbide da un pezzo minacciano di colmarla, per cui alcuni fra essi ne vennero esclusi. Di altri il lento moto discensionale della regione fece a poco a poco sommergere l'alveo sotto le onde, e ne rimase appena traccia appunto nei canali. La laguna di Chioggia può fornire bellissimo esempio di quanto dicemmo (Fig. 304).

Un tempo tutto l'estuario veneto era coperto da fitta pineta. Adesso i resti suoi si notano appena sul delta del Tagliamento, a Mesola presso Goro, sul delta padano e presso Ravenna; e del pari delle gloriose e prosperose città di Aquileia, di Concordia, di Altino, di Eraclea, di Spina, non rimangono che povere reliquie, in villaggi ignorati, nei ruderi in certi e mezzo nascosti fra le fanghiglie e le canne. E Venezia stessa, sorta da quelle rui-

Digitized by Google

ne, dietro i Murazzi « colosseas moles—ex solido marmore—contra mare » da essa medesima nel 1751 erette sul lido, combatte, già stanca, una delle ultime lotte colla nemica natura, delle cui due principali armi non si sa quale peggiore: l'abbassamento del sottosuolo o l'interrimento prodotto dai fiumi.

Melanconica nel suo complesso è altresì quell'altra regione litorale palustre che accompagna la spiaggia tirrena, e della quale le parti più tristi e malsane prendono nome di *maremma*, l'*ora tuscorum*, la spiaggia *gravis et pestilens* fin dai tempi di Plinio (1). Si stende essa, più o meno larga, più o meno interrotta, dall'estreme falde delle alpi Apuane fin là dove

> ... disvelasi lungi superbo a veder l'Argentaro
> lento scendendo nel Tirreno cerulo (2),

sopra una superficie di 1300 chilom., se ci limitiamo alla regione assolutamente piana, ed è una sequela infinita di stagni, di lame, di *chiari* (laghetti), di pinete, di *paglieti* o *paglievreti* (paludi o canneti) e *terreferme* e *pollini* (praterie tremanti) che s'alzano e calano coi *chiari*, sui quali galleggiano. Qui specialmente apparisce desolato il litorale di Cecina e più ancora quelli di Piombino, di Follonica e di Castiglione, la pianura di Grosseto e i dintorni di Orbetello. Ma qui, non contrastata da verun abbassamento del sottosuolo, si mostrò più potente e vittoriosa che altrove la mano intelligente dell'uomo. La malaria, non limitata soltanto alle plaghe palustri, ma diffusa anche lungi da esse e sui poggi, proviene, a quanto sembra, in prima

(1) *Epist*, V. 6.
(2) CARDUCCI, *pel Chiarone*.

linea dalla mescolanza delle acque marine colle dolci degli stagni sovente posti allo stesso od anche a livello più basso di quello del mare. Le torbide dei fiumi, portate col sistema veramente toscano delle *colmate*, sui bassopiani palustri, ne alzarono il livello; una rete di canali ne regolò gli scoli; opportune *animelle* a bilico ne esclusero le acque marine, e il paese cominciò a risanare. Questo sistema non fu sempre il solo adoperato, dacchè in qualche caso, come in quello del lago di Bientina, esso fu sostituito, e in altri casi coadiuvato, dal sistema della *essiccazione* diretta. Nè gli sforzi umani rimasero infruttuosi. Così, per esempio, il solo prosciugamento del lago di Bientina guadagnò all'agricoltura 17.5 chilom. quad. di territorio; quello degli stagni di Vada e di Collemezzano oltre a 31; quello delle paludi di Piombino e di Scarlino oltre a 29; quello delle paludi Grossetane oltre a 65; quello finalmente di Orbetello oltre a 13, rigenerando igienicamente nell'assieme una regione non estesa meno di 900 chilom. quadrati (1).

Esempio e stimolo a quelle altre infinite bonifiche, che lungo i mari italiani son domandate dalle varie costiere, cominciando dagli stagni d'Ostia e di Maccarese, e seguitando per le paludi Pontine, per lo stagno di Fondi, fino alle lagune adriatiche di Lesina, di Varano, di Salpi e di Barletta, alle paludi e alle maremme insulari sicule e sarde, estese regioni, sulle quali regna

> Inesorabil vergine, la Morte,
> Mietitrice indefessa, ed indefessa
> Seminatrice di novelle vite
> In nuove forme (2).

(1) *Ann. statist. ital.*, 1881. pag. 418 e seg.
(2) ALEARDI, *Monte Circello*.

Digitized by Google

CAPITOLO V.

PARTE PRIMA.

VULCANI E FENOMENI VULCANICI (1)

DEL PROF.

GIUSEPPE MERCALLI.

Riflesso nel seno
De' ceruli piani
Ardeva il baleno
Di cento vulcani.
ZANELLA, *La Conchiglia foss.*

1. Le eruzioni vulcaniche sono certamente i più terribili e maestosi fenomeni, che la natura offra alla osservazione dell' uomo. Qual profonda impressione lasciassero gli incendi dell'Etna sulle fervide e vergini fantasie dei primi abitatori d' Italia, ce lo dicono le loro mitologie ed i loro poemi. Nelle favole dei Ciclopi cozzanti col cielo, e del fulminato Encelado sepolto sotto la mole dell' Etna e dell'Epomeo, facilmente si scorge il mito degli incendi di questi vulcani. Ce ne assicura Virgilio, dove riferisce che dagli antichi si riteneva come causa delle eruzioni dell'Etna il soffio nero ed infuocato di Encelado, e cagione dei terremoti i movimenti delle membra nerborute di questo gigante, il quale, ogni volta mutava lato, scuoteva l'intera Trinacria. Scrive, infatti, il cantore d'Enea:

« Fama est Æneladi semiustum fulmine corpus
Urgeri mole hac, ingentemque insuper Ætnam
Impositam ruptis flammam expirare caminis,
Et fessum quoties mutet latus intremere omnem
Murmure Trinacriam, et coelum subtexere fumo» (2).

E, ricordando la romantica avventura del ratto di Proserpina, chi non vede in questa avvenente figlia della Dea dei Campi simboleggiate chiaramente le messi biondeggianti, e nel nero Plutone, sbucato d'Averno, la lava infuocata, che, incendiate, le invola agli industri agricoltori?

Nè mancano negli storici, e nei poeti greci e latini, descrizioni tanto vere e vivaci delle eruzioni dell' Etna, da mostrare o di averle essi stessi vedute, o di averne udita la narrazione da testimoni oculari.

Esiodo, dove nella Teogonia narra la favola di Encelado, scrive che « scorreva il fuoco pe' boschi tutto divorando, ed il suolo liquefacevasi sotto le mani di Vulcano ».

Pindaro, nella prima delle Odi Pizie, così descrive l'aspetto della lava al momento della sua eruzione: « Dalle caverne (dell'Etna) sgorgano fonti limpidissimi d' inaccessibile fuoco e fiumi infuocati, uscendo con impeto di giorno, diffondono un flusso albeggiante di fumo; ma di notte una rosseggiante fiamma vorticosa

(1) OPERE GENERALI SUI VULCANI. — A. HUMBOLDT, *Cosmos*, t. I e IV; — POULETT SCROPE, *Les Volcans*, trad. par Pieragi, Paris. 1864; — LYELL, *Principes de Géologie*, trad. par Ginestou. Paris, 1875; — DAUBENY, *A Description of Vulcaneos*. London, 1846; — LANDGREBE, *Naturgeschichte der Vulcane*; — C. DARWIN, *Volcanic Islands*. 1844; — DE BYLAND-PALSTERCAMP, *Théorie des Volcans*, 3 vol., 1855: — C. W. C. FUCHS, *Die Vulkanischen erscheinungen der Erde*, Leipzig, 1865; e *Les volcans et les trembl. de terre*, Paris, 1878; — A. STOPPANI, *Corso di Geologia*. Vol. I e III. Milano, 1871; — G. BOCCARDO, *Sismopirologia*. Genova, 1869; — A. BOSCOWITZ, *Les volcans et les trembl. de terre*, Paris; — MUNGO PONTON, *Earthquakes and Volcaneos*, London, 1870; — ZURCHER et MARGOLLÉ, *Volcans et trembl. de terre*; — J. SCHMIDT. *Vulkanstudien*; — FALB, *Gendanken und Studien über den Vulcanismus*, Gratz, 1855; — MALLET, *Ueber vulkanische Kraft*, trad. da Lasaulx. — Reyer, *Vulkanol. Studien* e parecchie altre Mem. pubblicate nell'Jahrb. d. Geolog. Reichsanstalt dal 1878 al 1883. — J. W. JUDD. *Volcanoes*, London. 1881.

OPERE SPECIALI. — SPALLANZANI, *Viaggi alle due Sicilie*; — BRESLAK, *Voyages phisiques et lithologiques dans la Campanie*; — HAMILTON. *Campi Flegrei*; — ABICH, *Vues illustr des phénomènes géol. pour le Vesuve et l'Etna*; — J. ROTH. *Der Vesuv und die umgebung von Neapel*, Berlin, 1857; — JOHN PHILLIPS, *Vesuvius*. Oxford, 1869: — Molte *Relazioni sulle eruzioni vesuviane*, dei Professori A. SCACCHI, L. PALMIERI, G. GUISCARDI, ecc.; — S. v. WALTERSHAUSEN ed A. v. LASSAULX, *Der Aetna*, Leipzig. 1880; — CANONICO ALESSI, *Storia critica delle eruzioni dell'Etna*, negli *Atti dell' Ac. Gioenia*, 1834-1832; — C. GEMELLARO. *Vulcanologia dell'Etna*; — RODWEL, *Etna*, London, 1878; — O. SILVESTRI, *I fenomeni vulcanici presentati dall'Etna nel* 1863-66 ed *Un viaggio all'Etna*. Torino, 1879; — L. VON BUCH, *Description physique des îles Canaries*; — A. FOUQUÉ, *Santorin et ses eruptions*; — JUNGHUN, *Java, seine Gestalt*, ecc.; — HOCHSTETTER, *Neue Seeland*; — Ch. S. C. DEVILLE, *Voyage geol. aux îles de Teneriffe et de Fogo*; — GATTA, *L'Italia, sua formazione, suoi vulcani e terremoti*, Milano, 1882; — GIUSEPPE MERCALLI, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. pag. 375. Milano 1883.

(2) *Eneide* III, v. 568.

Digitized by Google

porta con veemente strepito sotto alla profonda pianura del mare, e quel rettile di Vulcano orrendi gorghi (di fumo) rimanda ».

A parte la forma poetica delle espressioni, qualunque moderno naturalista farebbe sua questa descrizione verissima d'una corrente di lava appena sgorgata dalle viscere d'un vulcano.

Mentre i poeti descrivono, i filosofi dell'antichità ricercano le cause dei fenomeni vulcanici. Platone suppone che nell' interno della Terra esistano condotti sotterranei di tutte le dimensioni. L'acqua ed il fuoco scorrono abbondantemente in essi e formano il *piroflegetonte*, ossia un lago d'un fuoco ardente ed attivo, che occupa nell'interno della Terra uno spazio immenso, più grande dei nostri mari. Questo fiume di terra fusa e di fango è, secondo Platone, la sorgente generale di tutti i fenomeni vulcanici. Egli, infatti, asserisce esplicitamente: « Tale è il Piroflegetonte, di cui qualche piccola parte sfugge verso l'alto e forma i torrenti di fuoco, che si manifestano in alcuni luoghi della Terra » (1).

Ognuno vede che in queste idee di Platone ci sono in germe, ma abbastanza ben divisate, le moderne teorie plutoniche sulla causa delle eruzioni.

Ma fin d'allora sorsero i precursori dei nettunisti, i quali, negando il *fuoco centrale*, cercarono di spiegare indipendentemente da esso i vulcani ed i terremoti.

Aristotile, per esempio, ricorre alla forza elastica delle materie gasose rinchiuse e compresse nelle cavità sotterranee. « Il suolo non cessa di tremare, egli scrive, finchè il vento, causa dello scuotimento del suolo, non trova uno sfogo attraverso la terra. Questo è ciò che è avvenuto a Hiera, una delle Eolie. In essa una parte del suolo si gonfiò e si sollevò con fracasso, sotto forma di un monticello, fino a che il soffio potente ebbe trovato uno sfogo; allora esso lanciò all'esterno faville ardenti e ceneri tanto copiose, che ricoprirono la città vicina dei Liparotti e raggiunsero pure parecchie città d'Italia; ed anche attualmente si vede il luogo donde quel fuoco eruppe » (2).

In tutto il medio evo non so che si sia scritto niente di più scientifico e di più importante sui fenomeni vulcanici di quanto troviamo nella antichità. Di tutte le eruzioni avvenute all'Etna, al Vesuvio, o in altri vulcani attivi, dal principio dell' èra volgare fino al secolo XVII, non si trovano negli storici se non vaghi, inesatti e brevissimi cenni, dai quali ben poco si può raccogliere per lo studio dei fenomeni vulcanici.

La grande eruzione vesuviana del 1631 e quella non meno terribile avvenuta all' Etna nel 1669 segnano il principio dell'epoca moderna della letteratura vulcanologica.

Il Braccini, il Bulifon, il Sorrettino, il Serrao, il padre Giovan Maria Della Torre, il De Bottis, il Willian Hamilton, ci lasciarono dettagliate descrizioni delle eruzioni vesuviane dei secoli XVII e XVIII, nelle quali troviamo un buon materiale scientifico per lo studio del Vesuvio e dei vulcani in genere.

Cartesio, Newton, Kircher, Leibnitz nel secolo XVII, e Buffon, Hutton, Faujas, Dolomieu nel secolo seguente, risuscitarono la teoria del piroflegetonte di Platone, meglio formulata in quella del *fuoco centrale*, e spiegarono con esso le eruzioni, i terremoti e le sorgenti termali. Secondo i seguaci di questa scuola, che si chiamano *plutonisti*, la Terra, al disotto di una crosta solida, relativamente molto esile (di 25 a 30 chilom.), è interamente formata da una massa di materie fuse ed incandescenti, le quali, injettandosi entro la spaccatura della crosta solida, talvolta non giungono fino all'esterno, ed allora, raffreddandosi, formano le *rocce plutoniche*; altre volte invece arrivano fino alla superficie della terra producendo i fenomeni vulcanici.

Intanto, molti naturalisti e specialmente i nettunisti, con a capo Werner, non ammettendo l'esistenza del *fuoco centrale*, emisero diverse ipotesi per spiegare l'origine dei vulcani. Alcuni ricorsero alla combustione naturale dei carboni fossili, altri alle combinazioni di masse sotterranee di ferro con lo zolfo, coll'intervento dell'acqua; altri infine (Davy) all'esistenza nell'interno della Terra di grandi masse di metalli alcalini (potassio e sodio), i quali, venendo in contatto con le acque filtranti, le decompongono violentemente, producendo gran quantità di calore e di materie gasose.

Di tutte queste teorie vulcaniche quella che ebbe il sopravvento, e che da alcuni viene tuttodì accettata, è la teoria plutonica. Ma non sarà difficile persuadersi che anch' essa non regge all'esame dei fatti, quando avremo compiuto il breve studio dei fenomeni vulcanici, che ora intraprendiamo.

2. I vulcani nascono e muojono come tutte le cose di questa terra. Già lo cantava Ovidio in quei versi:

(1) *Phœdon*, ed. Ast. p. 603-607 e 808-817.
(2) ARISTOTELE, *Meteor.* II c. VII, 17-20.

Digitized by Google

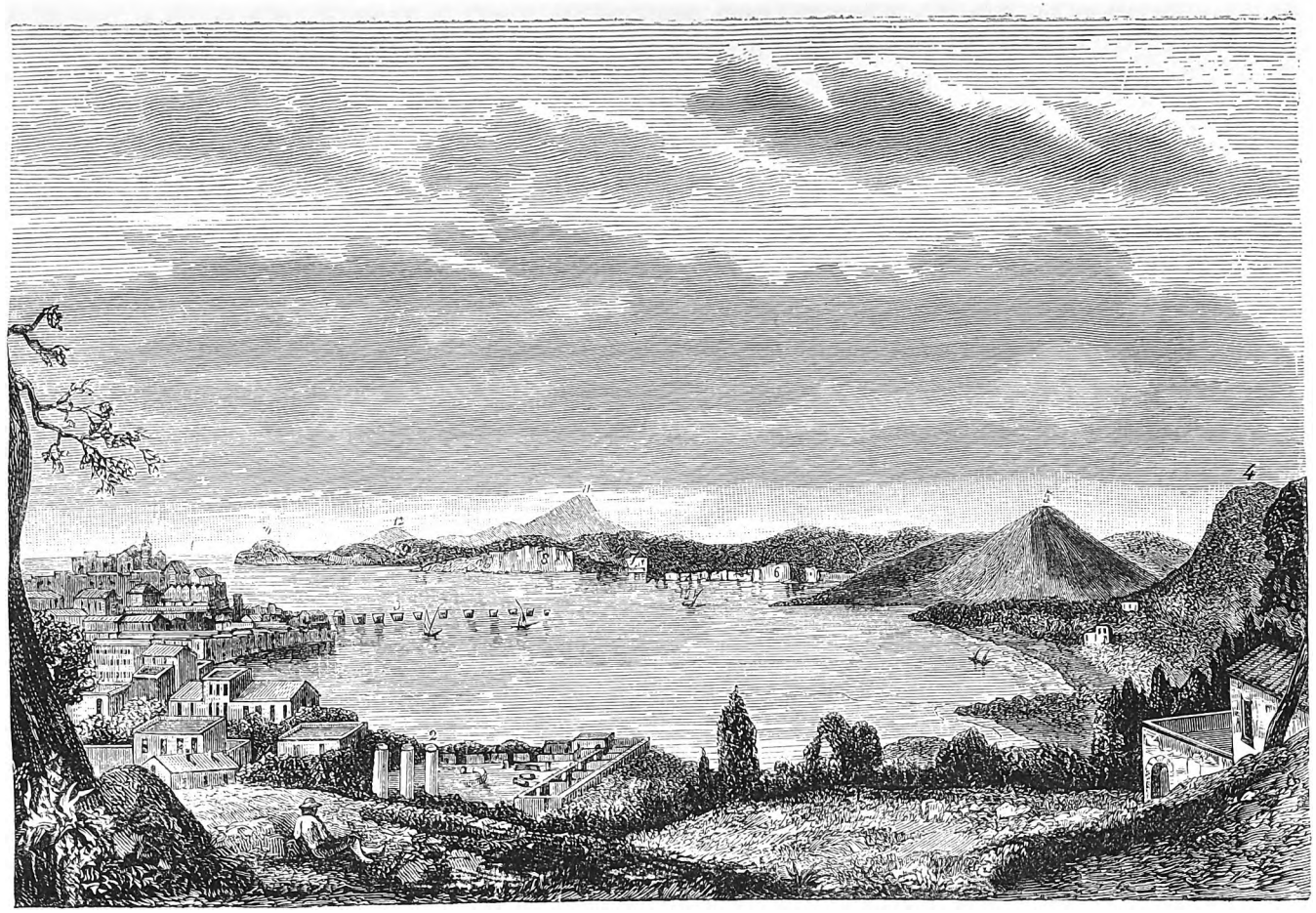


Fig. 305. — Veduta del Monte Nuovo e del Golfo di Baja.

1. Pozzuoli. — 2. Tempio di Serapide. — 3. Antico Molo o Ponte di Caligola. — 4. M. Barbaro. — 5. M. Nuovo. — 6. Stufe di Nerone — 7. Baja. 8. Castello di Baja. — 9. Bauli. — 10. Capo Miseno — 11. M. Epomeo d'Ischia. — 12. M. Campagnano (is. d'Ischia).

(Proprietà letteraria)

Digitized by Google

Digitized by Google

Nec quae sulfureis ardet fornacibus Aetna,
Ignea semper erit, neque enim fuit ignea semper (1).

Il che si può dire non solo dell' Etna, ma di tutti i vulcani. L'uomo, infatti, assistette varie volte al grandioso spettacolo della formazione di un nuovo monte vulcanico.

Prima del 1538, nei Campi Flegrei, tra il monte Barbaro ed il lago d' Averno (ambedue antichi crateri vulcanici), esisteva un tratto di terreno in parte piano ed in parte collinesco, e vi erano le Terme di Tripergola. Nell'anno 1537 numerosi e violenti terremoti atterrirono gli abitanti di Pozzuoli e di tutto l'amenissimo seno di Baja. I terremoti replicarono anche nel 1538, e divennero più che mai frequenti verso il 27 ottobre. Nel giorno 28 il mare si ritirò per 200 passi dalla spiaggia presso Pozzuoli, lasciando a secco una grande quantità di pesci. Nella mattina del 29, presso Tripergola, il suolo si abbassò per qualche metro ed emise molta acqua calda e sulfurea. Dopo mezzodì, il medesimo suolo si sollevò alquanto, ed a 2 ore circa di notte si squarciò con grande impeto e rumore, aprendosi una profonda ed orrenda voragine, dalla quale sgorgava furiosamente fumo e vapore acqueo con pietre infuocate e detriti d'ogni dimensione.

Il fumo si alzava nell'aria con tanta violenza da portare le pietre fino ad 1 miglia e $^1/_2$ di altezza. Testimoni oculari affermano che il vulcano lanciava in aria pietre grosse quanto un bue, ed enormi quantità di fini detriti. Tutte queste materie si accumularono intorno alla voragine eruttante, costituendo in poche ore un monte di 140 metri di altezza e di 2400 metri quadrati di base, al quale venne dato il nome di monte Nuovo (Fig. 305,⁵).

Delle Terme di Tripergola non restò più traccia. Il mare venne colmato di detriti fino a $^2/_3$ di miglia dalla spiaggia. Pozzuoli fu quasi interamente sepolta sotto le arene ed i lapilli, e fino a 70 miglia di lontananza il suolo e gli alberi vennero ricoperti da uno strato considerevole di cenere.

L'eruzione durò violenta tutta la notte e tutto il giorno seguente. Nel primo ottobre il vulcano parve acquietarsi, poi, nel 3 a sera, l'eruzione riprese con grande impeto, sicchè le ceneri giunsero, in alcune parti di Calabria, fino a 150 miglia di distanza. Seguirono due giorni di sosta: sicchè molti si arrischiarono a salire il nuovo monte per vedere la gran voragine, ossia il profondo cratere che si apriva alla sua cima. Ma il dì 6, a sera, l'eruzione ricominciò con molta forza, e tanto improvvisamente che non tutti gli spettatori ebbero tempo di fuggire, e più di 24 persone perirono miseramente.

Il nuovo vulcano continuò per parecchi mesi a dare, ad intervalli, eruzioni moderate; e poi non si riaprì più fino al presente.

Il monte Nuovo è un cono isolato e molto regolare, alla cui cima, profondamente troncata, vaneggia un vastissimo cratere di 370 metri di diametro e 117 metri di profondità. Una fossa perfettamente conica, ovvero un imbuto gigantesco, vi dà l'idea di quel cratere modello.

In modo simile si formarono molti altri monti vulcanici sotto gli occhi dell'uomo.

L'Jorullo (fig. 306) è un cono vulcanico sorto, come il monte Nuovo, per una sola eruzione. Il fenomeno avvenne nell'interno del Messico a 30 miglia circa dalla costa, in un luogo dove fino alla metà del secolo scorso, si stendevano fertili campagne coltivate a canne di zucchero e ad indaco. Ivi, nel mese di giugno del 1759, si sentirono muggiti sotterranei spaventevoli, accompagnati da violenti terremoti, i quali replicarono sino alla fine di agosto, gettando gli abitanti della regione in una grande costernazione. Sul principio di settembre parve ritornata la quiete. Ma, improvvisamente, nella notte dal 28 al 29 dello stesso mese, si sentì nuovamente un orribile fracasso sotterraneo, e si videro uscire dalla terra squarciata fiamme e frammenti di rocce incandescenti, che venivano lanciate ad altezza prodigiosa. Due fiumi, che scorrevano in quella regione, scomparvero, colle loro acque, nei crepacci del suolo.

Insieme ai detriti infuocati, sgorgarono dal suolo enormi correnti di lava incandescente. Le ceneri coprirono i tetti delle case della città di Queretaro, situata a più di 40 leghe di distanza dal luogo della esplosione. Le materie eruttate formarono sei coni giganteschi, tra i quali uno, che eruttava più violentemente degli altri, si elevò fino a 1343 metri di altezza.

La formazione dell'Jorullo fu sì rapida che agli Indiani, saliti sui monti circostanti a contemplare il vulcano, parve che la crosta della Terra rammollita si fosse improvvisamente gonfiata.

Humboldt, prendendo per una realtà questa illusione ottica, credette che l'Jorullo si fosse formato per un sollevamento del terreno a forma

(1) *Metamor.* XV. VII.

Digitized by Google

di vescica. Ma le osservazioni accurate, fatte sul luogo da Saussure e da Schleiden, assicurano che non si verificò nessun notevole spostamento del suolo, e che il nuovo monte sorse unicamente per l'accumulamento delle lave e dei detriti sgorgati in enorme quantità dalle viscere della Terra.

L'Izalco è un monte vulcanico della repubblica di San Salvador, nell'America Centrale. Nel 1769, nel luogo dove esso sorge, esisteva una pianura coltivata. In quell'anno si sentirono rumori sotterranei e scosse di terremoto, fino al febbrajo del 1770, quando la terra si squarciò ed eruttò lave, fumo e detriti incandescenti, i quali, accumulandosi attorno alla bocca eruttiva, costruirono una piccola collina.

Passata la violenza del primo parosismo, il cratere del nuovo vulcano non si mise in perfetta quiete; ma invece continuò fino al presente a rimanere in moderata attività; la

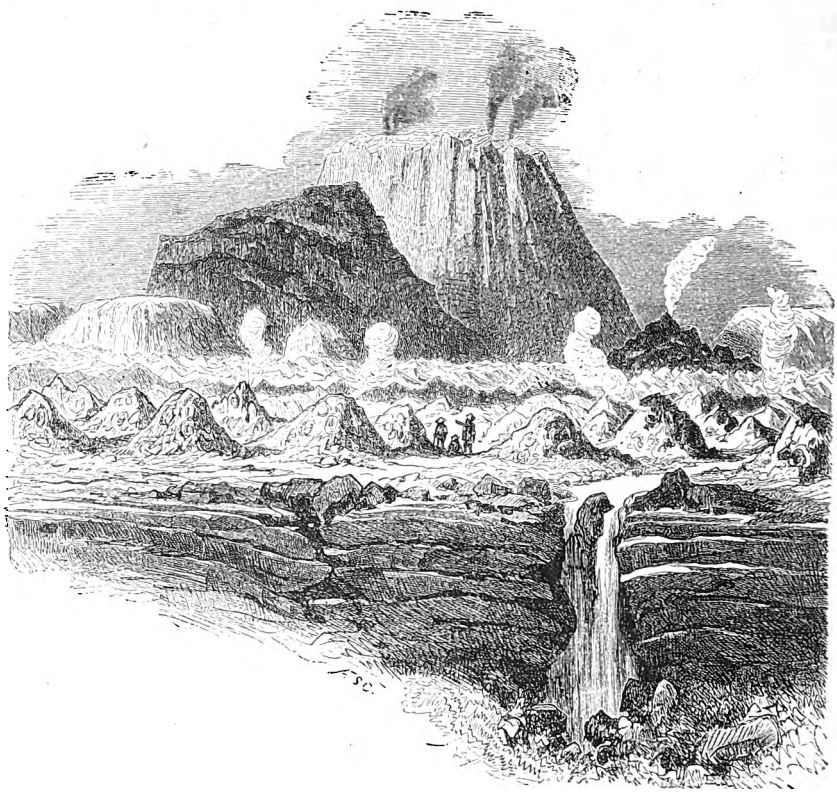


Fig. 306. — L'Jorullo.

quale consiste nel dare, ad intervalli di pochi minuti, piccole esplosioni, in cui lancia in alto una colonna di fumo con ceneri e scorie incandescenti. Questo stato di moderata e ritmica attività venne varie volte interrotto da eruzioni più violente delle ordinarie, nelle quali sgorgarono dal vulcano estese correnti di lave. In tal modo l'Izalco, che da principio non era che una umile collinetta, raggiunse più di 1000 metri di altezza.

3. Questi pochi esempi mi pare bastino per intendere cosa sia, e come si formi, un vulcano.

Un vulcano *è una spaccatura del suolo, per la quale erompono dall' interno della Terra materie fluide e solide incandescenti.* Queste, accumulandosi intorno alla bocca eruttante, costruiscono un monte di forma più o meno regolarmente conica, alla cui cima di solito si apre una voragine poco o molto profonda, colle pareti quasi a picco, chiamata *cratere*, che rappresenta la continuazione del condotto sotterraneo, che mette in comunicazione l' interno coll' esterno della Terra. Il Popocatepelt è un cono vulcanico del Messico, alto 5230 metri. Alla sua cima si apre il cratere terminale, che è una voragine con pareti a picco di 4 o 5 mila piedi di diametro, e quasi 1000 piedi di profondità (Fig. 307). Sul fondo di questa voragine vi

Digitized by Google

sono alcuni conetti eruttivi interni, alla cui cima avvengono le esplosioni.

De Buch ed Humboldt suppongono che le materie vulcaniche, cioè le lave, prima di fare eruzione, sollevino la crosta della terra a forma di vescica, generando una montagna o *cono di sollevamento* (Fig. 308); il quale poi, rompendosi all'alto, si trasforma in un *cratere di sollevamento*. Questa teoria ora è abbandonata da quasi tutti i moderni geologi; i quali ritengono che tutte le montagne vulcaniche si siano formate per l'accumulamento delle materie eruttate dal vulcano stesso; o, come si dice più brevemente, che *ciascun vulcano sia il prodotto delle proprie eruzioni* (1).

La Fig. 309 mostra la struttura di un cono vulcanico formato interamente di materie detritiche. Di solito però coi detriti vengono eruttate *lave in corrente* o in *colata*, le quali si interstratificano colle materie detritiche e servono a dare maggiore solidità al cono, senza cambiare essenzialmente il modo di formazione. Le lave formano anche i *dicchi;* i quali sono spaccature aperte nei fianchi della montagna vulcanica e riempite di lava injettata in esse dall' interno di questa. Si vedono dicchi molto numerosi nelle pareti scoscese e dirupate della valle del Bove all' Etna (Fig. 310), e nei fianchi del Monte Somma, dalla parte dell'Atrio del Cavallo.

Ad ogni corrente o banco di lava corrisponde nei fianchi del cono vulcanico un dicco, il quale segna la via per cui la lava stessa venne alla luce.

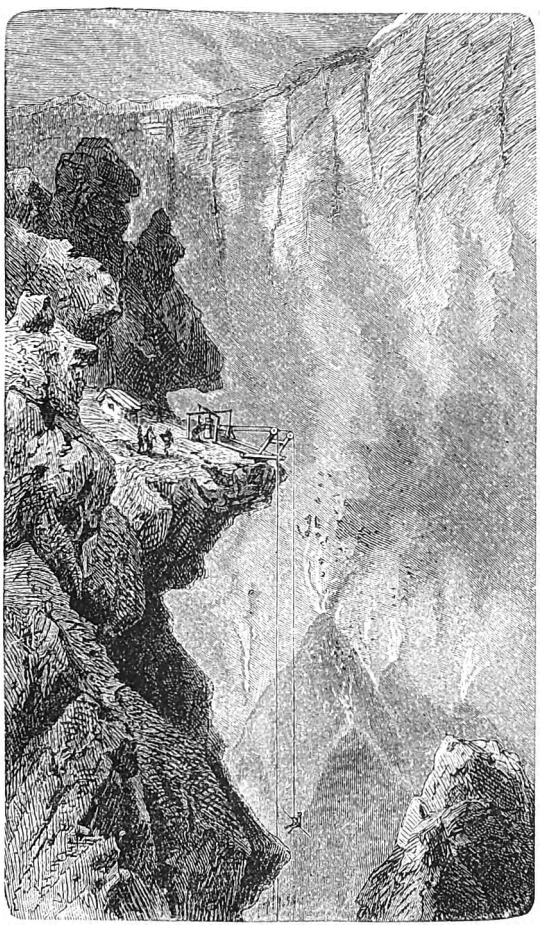


Fig. 307. — Interno del cratere del Popocatepetl nel Messico allo stato di attività stromboliana.

La maggior parte dei vulcani sono totalmente, ovvero in gran parte, formati da materie detritiche, associate a lave in colate od in dicchi nel modo ora detto, e si possono quindi denominare vulcani *stratificati* o *detritici*. Esistono tuttavia vulcani i quali emettono lava molto densa e poco scorrevole, che nè si stende in corrente, nè viene ridotta in frammenti dalla forza elastica del vapore acqueo; ma invece si accumula intorno alla bocca eruttiva in forma di cupola, e prende il nome di *lava in massa* o quello di *cupola, domo* ecc.

La Fig. 311 rappresenta una cupola trachitica dell' isola Borbone, e la fig. 216 un domo trachitico dell'Alvernia.

I più belli esempî di eruzioni di lava in massa ce li offrirono le eruzioni di Santorino (1). Ivi, nel Maggio 1807, dopo leggiere scosse di terremoto, si vide emergere dalle onde una massa nera coperta da pomici bianche, la quale a poco a poco andò ingrandendo e trasformandosi in un' isola, detta *isola Bianca*. Essa in 22 giorni raggiunse circa 75 metri d'altezza e 500 o 600 metri di diametro. L' ingrandimento continuò fino al primo giorno di luglio, sempre senza esplosioni di detriti, senza scosse violente nè rumori considerevoli; soltanto nel 5 luglio la massa lavica si squarciò e cominciarono le esplosioni di materie detritiche incandescenti. Dopo alcuni giorni, apparve in un altro punto del mare, poco lontano del nuovo vulcano, un'altra serie di rocce nere che si riunirono insieme e formarono una nuova isola detta *isola Nera*. A poco a poco le

(1) Così, dopo tante dispute, le quali fruttarono alla scienza un cumulo di preziose osservazioni, si ritornò alle antiche idee di W. Hamilton, Dolomieu, Spallanzani.

(1) Vedi sopra pag. 265 e fig. 102.

Digitized by Google

due isole ingrandirono in modo che si avvicinarono e si fusero insieme in un' isola sola, denominata *Nea Kameni*, che vuol dire nuova isola bruciata.

Fig. 308. — Cono di sollevamento.

Nel 1866 si riaprì il fondo del mare presso la Nea Kameni, e sgorgò una massa di lava trachitica, la quale a poco a poco alzossi fino al di sopra del livello del mare, senza esplosioni di materie detritiche. I fenomeni che precedettero ed accompagnarono tale apparizione sono muggiti sotterranei, scosse di terremoto e lento sprofondamento del suolo nell'isola Nea Kameni, riscaldamento dell'acqua del mare fino a notevole distanza dal luogo dell' eruzione, e sviluppo di grande quantità di gas con odore di acido solfidrico, infine l'apparizione ad intervalli di fiamme rosse e di altro colore.

Il nuovo isolotto, che venne chiamato Giorgio I, cresceva a vista d'occhio, sicchè in poco più d'un giorno raggiunse 70 metri di lunghezza per 30 di larghezza e 20 di altezza. Dopo alcuni giorni Giorgio I si squarciò, dando luogo alla formazione di un nuovo cratere, che per lungo tempo eruttò grandi quantità di detriti e lave incandescenti. Il giorno 7 febbrajo apparve un secondo isolotto, denominato Aphroessa. A poco a poco i due nuovi vulcani ingrandirono e si riunirono ambedue

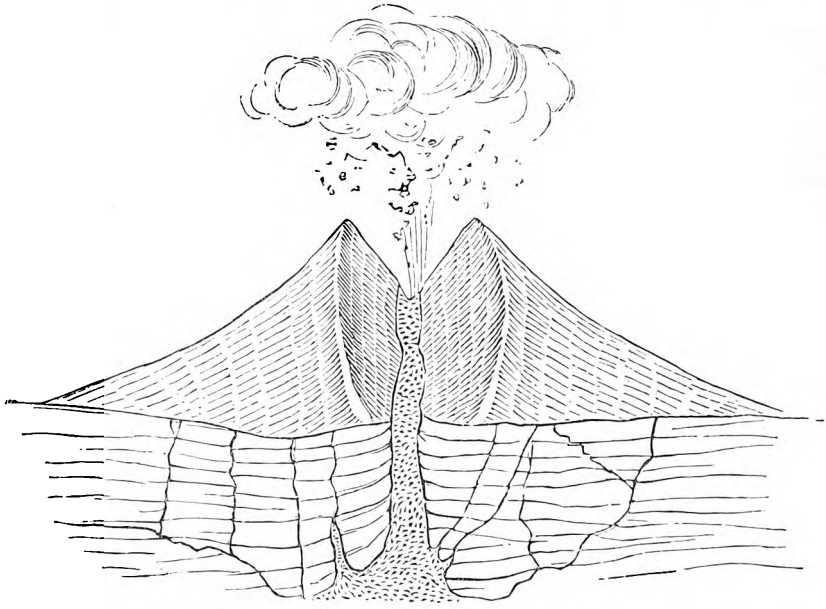


Fig 309. — Sezione ideale di un cono vulcanico formato interamente da materie detritiche.

colla Nea Kameni, la quale in tale modo venne più che raddoppiata di estensione.

4. Ora che abbiamo visto come si formano i vulcani, passiamo ad esaminare i principali fenomeni che presentano, quando sono in attività.

Un vulcano si dice in eruzione quando emette materie aeriformi con detriti e scorie, ossia pezzi di lava incandescente, e di solito anche lava in corrente. Uno dei caratteri essenziali delle eruzioni è l'*intermittenza*. Esse, infatti, presentano sempre esplosioni separate da intervalli di riposo, i quali possono variare da pochi secondi fino a parecchie ore od a parecchi giorni. Ordinariamente, nelle eruzioni forti, si succedono esplosioni piccole e moderate, ed esplosioni violente; le prime a brevi intervalli, le seconde ad intervalli più o meno lunghi.

Nelle esplosioni violente la colonna di fumo, carica di detriti e di scorie incandescenti, si

Digitized by Google

innalza ritta e compatta fino a notevole altezza, a motivo della forte tensione con cui si sprigiona dalla gola del vulcano; e solo in alto si allarga e si spande in tutte le direzioni. Plinio il giovine paragonò la colonna di vapore, che si alzò sul Vesuvio nella grande eruzione del 79 d. Cr., ad un pino gigantesco; e, dopo lui, tutti i vulcanologi diedero a tale fenomeno il nome di *pino vulcanico*. Nel 22 Ottobre 1822 un maestoso *pino vulcanico* si rizzò sul cratere vesuviano fino a 3000 metri di altezza (Fig. 312).

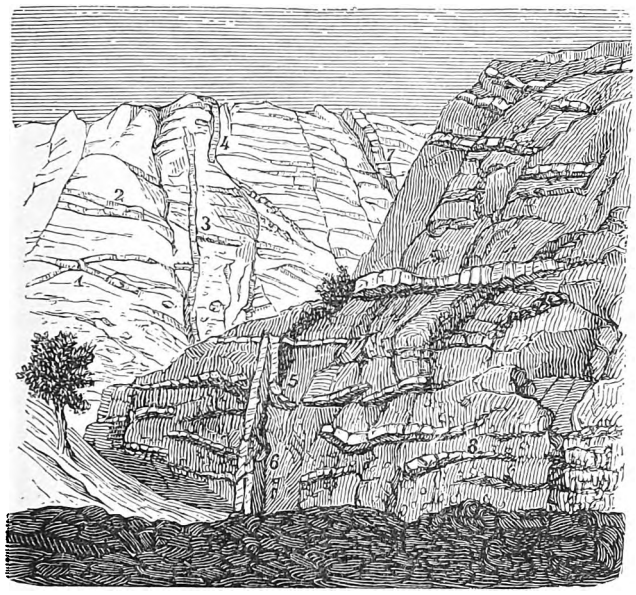


Fig. 310. — Dicchi e banchi di lava nelle pareti della Valle del Bove all'Etna.

Le eruzioni vulcaniche possono essere *terminali*, ossia *centrali*, ovvero invece *laterali*, ossia *eccentriche*. Le prime sono quelle in cui i fenomeni si compiono nel cratere terminale o centrale del vulcano; nelle seconde il cono vulcanico si spacca in un fianco, sempre secondo una generatrice del cono stesso, e dalla spaccatura erompe il pino vulcanico e sgorga la lava.

Avuto riguardo al complesso dei fenomeni che presentano, le eruzioni si possono anche dividere in *eruzioni pliniane*, *eruzioni stromboliane*, *parosismi stromboliani*, ed *eruzioni vesuviane*.

a) *Eruzioni pliniane.* — Sono quasi sempre molto violente: seguono dopo un riposo lungo e perfetto di un vulcano già esistente, ovvero iniziano la formazione di un vulcano nuovo. Sono precedute da violenti terremoti. Durano poco tempo e sono seguite da un periodo più o meno lungo di attività moderata. In queste eruzioni il cono vulcanico si abbassa, perchè la cima viene lanciata in aria, in frantumi, al momento della esplosione, ovvero rovina per sprofondamento. Sono dette *pliniane*, perchè si prende per tipo di esse l'eruzione vesuviana dell'anno 79 dell'èra volgare, descritta da Plinio il giovine nella lettera che scriveva a Tacito, per raccontargli la morte del suo zio naturalista, perito in quella terribile conflagrazione vulcanica.

b) *Eruzioni stromboliane.* — Dànno esplosioni relativamente moderate; perdurano lungamente (per anni ed anche per secoli); le esplosioni si succedono ritmicamente ed a brevi intertervalli di tempo (in generale di pochi minuti); emettono materie aerifromi e detriti incandescenti, ma non lave in corrente, almeno in quantità considerevole. Si chiamano *stromboliane*, perchè lo Stromboli si trova in questo stato da parecchi secoli.

c) *Eruzioni vesuviane.* — Sono precedute da eruzioni stromboliane, od alternanti con esse; sono violente più delle stromboliane e talvolta come le pliniane; durano poco tempo (in generale però più delle pliniane); in esse sgorga la lava in corrente, in grande quantità, e di solito non dal cratere terminale, ma da spaccature laterali del cono vulcanico. Ordinariamente chiudono un periodo eruttivo di attività stromboliana, sola od alternata con piccoli parosismi.

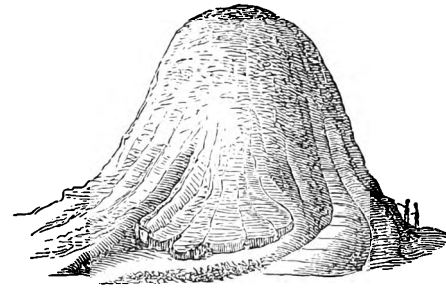


Fig. 311. — Cupola di lava sulla cima del vulcano dell'isola Borbone.

d) *Parosismi stromboliani.* — Presentano quasi tutti i fenomeni delle eruzioni vesuviane; ma, in generale, sono meno violenti; e di più, *non chiudono* ma interrompono un periodo di attività stromboliana.

Digitized by Google

5. Come esempio di eruzione pliniana violentissima citerò quella etnea del 1669.

Da 14 anni, ossia dal 1656, l'Etna era in perfetto riposo. Dal giorno 8 all'11 di marzo 1669 alcune scosse fortissime di terremoto agitarono il suo fianco meridionale, e specialmente i dintorni di Nicolosi, dove rovinarono la maggior parte delle case. La mattina del giorno 11 il fianco dell'Etna si squarciò sopra Nicolosi, con grande rimbombo ed ululato. Verso sera, la spaccatura si prolungò anche sotto questo paese, presentando una lunghezza totale di circa 18 chilometri ed una larghezza media di 1 metro a 1 e $^1/_2$. Da 20 e più bocche allineate lungo la spaccatura uscivano vortici di vapore acqueo con

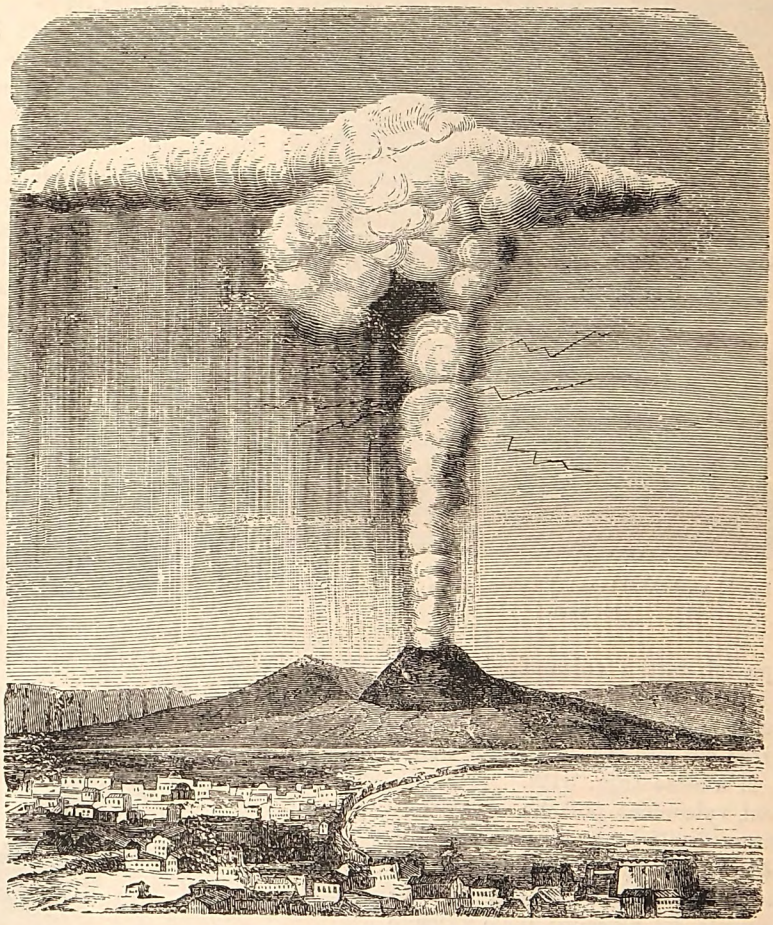


Fig. 312. — Il Vesuvio visto da Napoli nel 22 ottobre 1822.

detriti e pietre incandescenti d'ogni dimensione; poi, dopo poche ore, dalla parte inferiore della spaccatura cominciò a sgorgare la lava, la quale da principio discese verso il basso con una velocità di 100 passi circa all'ora. Quell'immensa fiumana di fuoco aveva in alcuni punti fino 4 chilometri di larghezza, e seppelliva tutto quanto incontrava, campi coltivati ed abitazioni. L'efflusso della lava non era continuo, ma intermittente. Dopo i primi giorni, il suo corso divenne molto lento, e si divise in tre rami, dei quali quello principale e centrale si diresse sopra Catania. Visto ciò, alcuni arditi Catanesi guidati e consigliati da un tal prete Diego Pappalardo, tentarono di deviare la lava, rompendone con martelli e con uncini di ferro il fianco occidentale scoriaceo e solidificato. Riuscirono difatti ad aprirvi una breccia, e già la parte interna della corrente, ancora fluida ed incandescente, cominciava a deviare; ma presto dovettero smettere il lavoro, sia perchè l'operazione era troppo pericolosa, sia per le energiche proteste degli abitanti dei paesi ad ovest

Digitized by Google

della corrente, i quali venivano in tal modo gravemente danneggiati. Intanto la corrente infuocata si avanzava lentamente, ma inesorabilmente, verso Catania, dove giunse alla metà di Aprile. Seppellì e distrusse tutta la parte sudovest della città ed alla sera del 23 arrivò al mare, nel quale si avanzò, formando un promontorio di un miglio circa di lunghezza per due miglia di fronte. L'emissione della lava continuò intermittentemente fino al principio di giugno, e si calcolò che il suo volume totale non fosse minore di circa 760 milioni di metri cubici. Insieme a questa enorme quantità di lava sgorgava dalle viscere della terra un volume forse non minore di materie detritiche; le quali, accumulate attorno alla bocca eruttiva principale, formarono, presso Nicolosi, un monte di 250 metri di altezza e di 3 chilometri di circuito alla base.

Il cratere terminale rimase quasi tranquillo fino al 25 marzo; ma poi eruttò materie aeriformi e detriti con grande violenza; sicchè la cima del vulcano in parte venne lanciata in aria, ridotta in frantumi, ed in parte franò; e dopo l'eruzione apparve decapitata ed abbassata di qualche centinaio di metri.

Dopo questo parosismo, l'Etna non si mise subito in perfetta quiete; ma invece durò per 12 anni in attività moderata stromboliana.

Nelle eruzioni pliniane il cono vulcanico viene decapitato e profondamente sventrato. Il Vesuvio, per esempio, nel 1631, dopo un

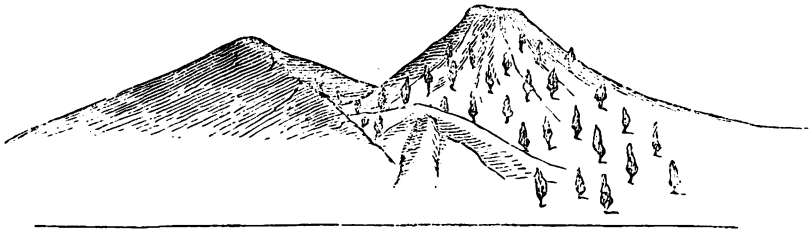


Fig. 313. — Il Vesuvio nel 1631, prima dell'eruzione.

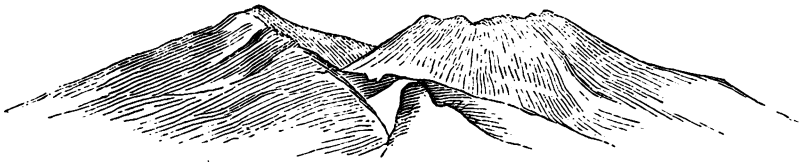


Fig. 314. — Il Vesuvio nel 1631, dopo l'eruzione.

lungo e perfetto riposo, eruppe improvvisamente in una violentissima eruzione, in cui emise più di 72.885.460 metri cubici di lava. Prima di questo parosismo aveva quasi 1200 metri di altezza ed era ricoperto da abbondante vegetazione; dopo, apparve profondamente troncato, e abbassato di 168 metri (Fig. 313 e 314). Il cratere, che prima aveva circa 300 metri di diametro, dopo l'eruzione era convertito in una vastissima voragine di 800 metri di larghezza.

Di solito le eruzioni Pliniane sono seguite da un periodo più o meno lungo di attività stromboliana. Questo si verificò al Vesuvio dopo il 1631, all'Etna dopo il 1669, al monte Nuovo dopo il 1538, all'Jorullo dopo il 1759, all'Izalco dopo il 1770.

6. Come indica il nome, si prendono per tipo delle *eruzioni stromboliane* quelle dello Stromboli. Questo vulcano, infatti, da tempo immemorabile si trova in attività continua, onde Cornelio Severo già fin dal suo tempo lo chiamava « foecundior Aetna », e certamente non intendeva più fecondo per la intensità, ma per la continuità delle eruzioni.

Il cratere attivo dello Stromboli si trova non alla cima del vulcano, ma sul fianco settentrionale, 185 metri circa al di sotto di essa (Fig. 315). Sul suo fondo sono aperte una o parecchie bocche. Quando Hoffman visitò lo Stromboli, nel 1828, le bocche erano due: una centrale di 60 metri circa di diametro, ed un'altra di 6 metri. In esse si vedeva la lava incandescente gonfiarsi ed inalzarsi ad intervalli di pochi minuti, e scoppiare, lanciando in aria un globo di fumo con scorie roventi. Ad intervalli poi più lunghi (di circa un quarto d'ora) si sentivano tremare fortemente le pareti del cratere; si udiva un muggito, e la lava gon-

Digitized by Google

Digitized by Google

del vulcano convertita in un altipiano, sul quale sorgeva un cono di eruzione, alto circa 60 metri, costituito dall'accumulamento dei lapilli e delle scorie eruttate (Fig. 316). La nuova *bocca* eruttiva dava, ad intervalli di 1 minuto circa, esplosioni molto violente, lanciando un' alta colonna di fumo, compatta e tutta rosseggiante per il grande numero di brani di lava incandescente che conteneva. Ad una forte esplosione succedevano pochi secondi di quiete, in cui cessava o diminuiva assai anche il rumore sotterraneo; poi, dopo un minuto circa, ricominciava nella gola del vulcano l' agitarsi della lava, manifestato da un forte rumore metallico, crescente rapidamente d'intensi-

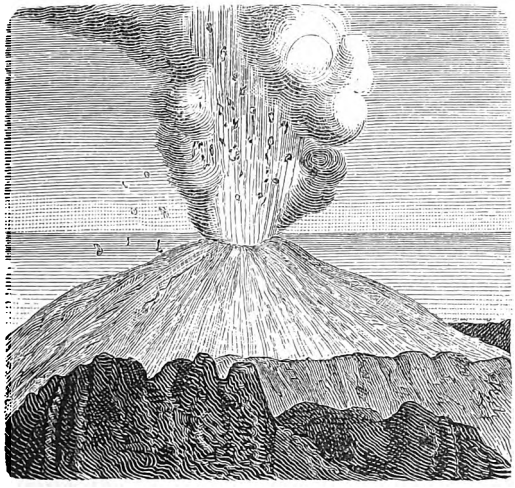


Fig. 316. — Il cratere terminale del Vesuvio in eruzione stromboliana nel settembre 1883.

tà, ed al rumore seguiva un'altra esplosione; e così, via via, era un continuo e ritmico succedersi di esplosioni moderate, ma molto più violente di quelle che presenta ordinariamente lo Stromboli.

Nello scorso gennaio (1884) il Vesuvio ebbe un breve parosismo, nel quale il cono si spaccò a nordovest, e ne sgorgò una piccola corrente di lava. Dopo questo sfogo, il vulcano si rimise in attività stromboliana.

Queste brevi eruzioni, che un vulcano presenta *durante* un periodo di attività stromboliana, si chiamano *parosismi stromboliani*.

Molte altre volte il Vesuvio perdurò, come al presente, per un tempo lungo in attività stromboliana. Per esempio, dal 1826 al 1834 il cratere centrale del Vesuvio fu in continua eruzione stromboliana, ora moderata, ora invece molto forte (Fig. 317). Sempre però a questi periodi di attività moderata seguì una forte eruzione, alla quale tenne dietro immediatamente, o dopo poco tempo, una fase di riposo. Le eruzioni moderate del Vesuvio alternano dunque con violente eruzioni e con fasi di quiete. Questo è il solo fatto per cui tali eruzioni diversificano da quelle dello Stromboli.

L' Etna, l' Hecla e la maggior parte dei vulcani attivi presentano, come il Vesuvio, fasi di attività stromboliana alternanti con fasi di riposo; invece il Sangay, nella Repubblica dell'Equatore, l'Antuco nel Chilì, e pochi altri si trovano, come lo Stromboli, da tempo immemorabile in eruzione permanente ritmica e moderata.

Di solito, durante i periodi di attività stromboliana, i vulcani guadagnano in altezza. Da principio nell' interno del cratere si formano uno o più conetti per l' accumularsi delle materie eruttate (Fig. 318). Poi, a poco a poco, il conetto cresce tanto da colmare interamente l'antico cratere (Fig. 316). Infine si fonde interamente con esso, e la cima del cono vulcanico resta trasportata notevolmente più in alto.

7. Le eruzioni, colle quali ordinariamente hanno termine i periodi di attività stromboliana al Vesuvio ed all'Etna, differiscono notevolmente tanto dalle eruzioni pliniane come da quelle stromboliane; e perciò conviene distinguerle col nome di *eruzioni vesuviane*. Prendiamo ad esempio l'eruzione dell' aprile 1872.

Nel 1869 il Vesuvio era in quiete, ossia in *attività solfatarica*, e vi rimase fino all'autunno del 1870, quando sul fondo del cratere si aprì una piccola bocca, la quale cominciò a lanciare intermittentemente vapori e materie detritiche incandescenti. Nel gennaio 1871 si aprì una seconda bocca eruttiva eccentrica sull' orlo settentrionale del cratere. Ambedue le bocche durarono contemporaneamente in attività moderata stromboliana fino al principio del 1872. Il cratere eccentrico, che era il più attivo, emise piccole correnti di lava, e costruì attorno a sè colle scorie eruttate un conetto di 20 metri d' altezza. Nel febbraio 1872 i fenomeni eruttivi parvero diminuire d' intensità; ma, verso la fine di marzo, divennero invece più forti; si aprì una fenditura nel fianco del cono vesuviano e ne sgorgò una piccola corrente di lava. Verso il 23 aprile l' attività riprese ancora più forte. Infine, la notte dal 25 al 26, il periodo eruttivo raggiunse il suo massimo: si riaprì e

Digitized by Google

Digitized by Google

a quelli del Vesuvio. Per esempio, il cratere terminale dell'Etna si mise in attività stromboliana nel 1863; vi perdurò fino al 30 gennaio 1865, in cui si spaccò il fianco settentrionale del vulcano, e dalla spaccatura sgorgarono quasi 100 milioni di metri cubici di lava.

Ciò che caratterizza le eruzioni etnee si è che esse sono quasi sempre eccentriche, ossia laterali. In generale avviene che il cono etneo si spacca su un fianco, e, mentre dalla parte inferiore della spaccatura sgorga per semplice *drenaggio* la lava, dalla parte superiore di essa escono in maggiore quantità le materie aeriformi ed i detriti, e si formano col loro accumulamento uno o più *coni avventizi*.

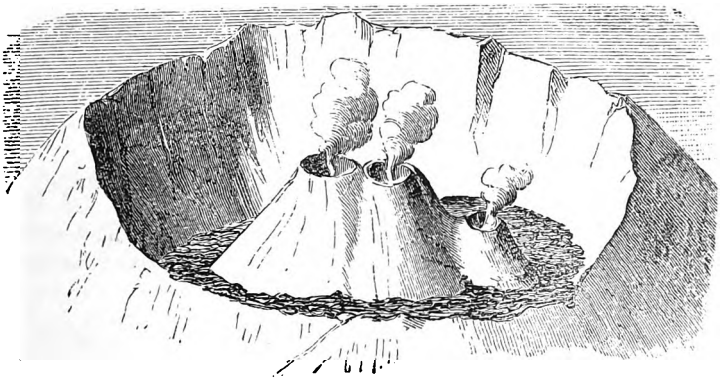


Fig. 318. — Il cratere del Vesuvio nell'ottobre 1843 (da Scacchi).

Prendiamo ad esempio l'eruzione del 1874. Il cratere terminale dell' Etna cominciò nel maggio ad emettere un'abbondante quantità di vapori, e poi si mise in attività stromboliana. Dopo ciò, nel 28 agosto si spaccò il fianco settentrionale della montagna per una lunghezza di quasi 3 chilometri (Fig. 319). Alte colonne di fumo nero e materie detritiche incandescenti uscirono con gran violenza, specialmente dalla parte superiore della spaccatura: e per l'accumulamento delle materie eruttate si formarono 35 conetti, quali più, quali meno elevati. Il loro allineamento indicava l' andamento quasi rettilineo della spaccatura. Intanto, dalla parte inferiore di questa, sgorgò una piccola corrente di lava (circa 1,351,000 metri cubici). Nel giorno 29 l'emissione della lava e le esplosioni violente erano già cessate: le bocche allineate sulla spaccatura non davano più che moderate esplosioni di natura stromboliana. A questa improvvisa cessazione dell'eruzione seguirono scosse violente di terremoto, che agitarono per quindici giorni il fianco settentrionale dell'Etna. Questi terremoti fanno supporre che le lave abbiano trovato uno sfogo, injettandosi in cavità o spaccature sotterranee (1).

Le eruzioni, che seguono dopo un periodo stromboliano, possono essere violentissime quanto le eruzioni pliniane. A conferma di ciò basti citare le eruzioni del Vesuvio del 1737 e del 1822, e quella di Cracatoa dello scorso anno (1883).

Cracatoa era un' isola dello stretto della Sonda, alta più di 800 metri. Da qualche tempo, prima dell'agosto 1883, il suo cratere si trovava in eruzione moderata, quando improvvisamente, alle 5 ore pom. della domenica 26 agosto, si sentì una formidabile detonazione, seguita da altre esplosioni che continuarono a ripetersi fino a mezzodì del giorno seguente.

La mattina del lunedì il fondo dello stretto si sollevò, producendo una formidale ondata che, precipitandosi sulla costa di Giava e di Sumatra, distrusse ogni cosa sul suo passaggio. Nel porto di Batavia l'onda aveva 5 metri di altezza. Intanto il vulcano lanciava a grandissima altezza masse enormi di ceneri vulcaniche, arene, pomici. Il mare attorno al vulcano era coperto fino a grande distanza da uno strato di pomice di 2 metri e 30 cent. di spessore. Nella città di Bétaira, quantunque molto lontana, si fece di pieno giorno oscurità completa, per la caduta della cenere e delle arene vulcaniche. Dopo il mezzogiorno del lunedì le esplosioni divennero ancora più forti, ed infine una detonazione finale, la più spaventevole di tutte, annunciava l'ultima esplosione del vulcano, il quale, in quel momento sfasciatosi, completamente scompariva sotto le onde del mare. L'oceano stende oggidì le sue acque calme sul luogo occupato dal terribile Cracatoa, di cui non emergono più dall'acqua che pochi scogli rocciosi.

Al momento dell'esplosione finale un' isola vicina (Soungpan) si divise in cinque isolotti, e nel medesimo tempo 16 altri vulcani apparvero nello stretto.

(1) O. Silvestri, *Boll. del Vulc. ital.* an. 1874.

Digitized by Google

Le vittime di questa catastrofe furono 30000. La bella provincia di Bantam nell'isola Giava non è più che un vasto deserto, prima rovinata dalla mostruosa ondata di mare, poi ricoperta dalle ceneri. Nel solo distretto di Tjiringin sono perite 10000 persone.

Tutta la costa occidentale di Giava nello stretto della Sonda, sprofondò come Cracatoa.

Dopo l'eruzione, il fondo dello stretto si trovò grandemente modificato. A nord dell'isola distrutta sorsero sette isole nuove (1).

8. Quando si dice che il Vesuvio o l'Etna sono in quiete, non si deve credere che nei loro crateri sia perfettamente chiusa ogni comunicazione coll'interno della Terra. Si vuol dire soltanto che non eruttano più nè lave nè materie solide detritiche; ma, in generale, continuano ad emettere vapore acqueo misto ad altre materie aeriformi o sublimate, che sono specialmente acido cloridrico, acido solforoso, acido solfidrico, anidride carbonica, salammonio, ecc. Spesso i prodotti di numerosi fumajoli si riuniscono tra loro, e formano

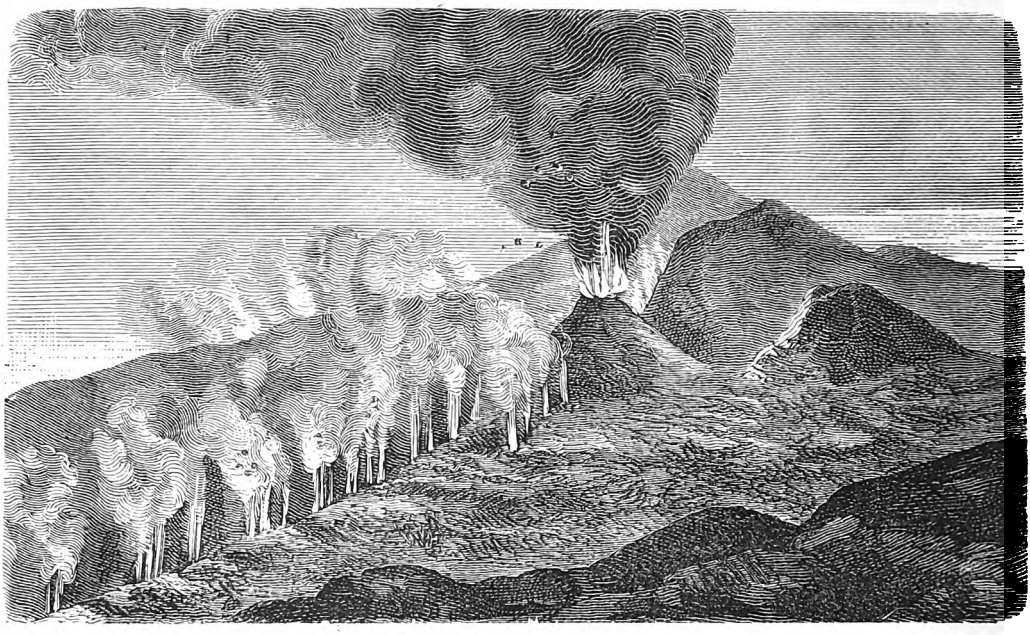


Fig. 319. — Eruzione dell'Etna del 29 agosto 1874 (da O. Silvestri).

una nubecola, che, aleggiando sulla cima del vulcano, avverte che il fuoco in esso è sopito, ma non spento (Fig. 320). Quando un vulcano è in questo stato, si dice che è in fase di *semplice emanazione* od in *attività di solfatara*, perchè tra le sostanze che vengono deposte in forma di incrostazioni abbonda sempre lo zolfo. La *Solfatara di Pozzuoli*, denominata *Forum Vulcani* dagli antichi, è un vulcano che nei tempi storici ebbe una sola eruzione nel 1198. Prima e dopo quell'epoca rimase sempre in stato di *semplice emanazione;* poichè non emette che vapori caldi di varia natura. Il suo fumajuolo principale, detto *Bocca della Solfatara*, emette continuamente un poderoso getto di vapori, con forte sibilo e sotto notevole pressione. Il fumo ha 115° C., ed è formato da vapore acqueo misto a gas acido solforoso, ossigeno, azoto, solfuri d'arsenico, sale ammoniaco e zolfo. Dai fumajuoli minori della solfatara esce acido solfidrico.

Le incrostazioni deposte dai fumajuoli della Solfatara sono masse bianche e fibrose di sale ammoniaco, con solfuro d'arsenico di colore rosso (risigallo) ed un altro di un bel giallo ranciato (dimorfina), infine abbondanti cristallini di zolfo. Si aggiunga che l'acido solforoso, l'acido solfidrico e lo zolfo libero, trovandosi a contatto col vapore acqueo e coll'ossigeno, si trasformano in acido solforico, il quale si depone sui tufi e sulle trachiti, che formano le pareti del cratere, e ne decompone i feldspati, involandone l'allumina ed il ferro per formare i solfati corrispondenti a queste basi. In tal modo quelle rocce

(1) Daubrée, *Phénomènes vulcaniques du detroit de la Sonde*, ecc.

Digitized by Google

dure e compatte vengono trasformate in masse bianche e molli, che l'acqua facilmente sfascia e trascina sul fondo del cratere. Tra i prodotti di questa decomposizione delle rocce trachitiche vi è l'allume di Rocca e l'allumite o pietra d'allume (1).

Verso la fine del secolo scorso si estraevano annualmente dalla Solfatara 273 quintali di zolfo, 37 quintali di allume, e 2 quintali di sale ammoniaco.

La *Fossa* nel l'isola Vulcano (gruppo delle Eolie) è un altro cratere che da tempo immemorabile si trova allo stato di solfatara, molto più attiva di quella di Pozzuoli. Essa differisce da quest' ultima anche perchè alterna l'attività solfatarica con eruzioni stromboliane ad intervalli irregolari, ma non molto lunghi.

I fumajuoli della *Fossa di Vulcano* hanno una temperatura che in alcuni raggiunge fino 350° C. I vapori che essi emanano sono tanto abbondanti che talvolta formano, riunendosi al disopra del cratere, una densa colonna visibile a grande lontananza.

È rimarchevole che l'acido cloridrico, il

Fig. 320. — Il cratere dell'Etna allo stato di solfatara.

quale negli altri vulcani caratterizza i momenti di massima attività, nella Fossa di Vulcano emana anche durante l'attività solfatarica. È pure degna di nota l'abbondanza di gas combustibili emessi da Vulcano. Le vere fiamme nei vulcani sono un fenomeno piuttosto raro e che si verifica solamente durante le eruzioni. Nella Fossa di Vulcano invece esse sono un fenomeno si può dire ordinario. Il Deville nel 1856 osservò che alcuni fumajuoli davano fiamme di colore azzurro. Altri poi attestano di avere vedute molte volte fiamme di diversi colori (nel 1873, nel 1882, ecc.).

Infine un prodotto pure caratteristico dell' isola Vulcano è l' acido borico. Nei mesi estivi del 1873 se ne ottennero dai fumajuoli della *Fossa* circa 3 tonnellate.

(1) I ricchi depositi di allumite della Tolfa presso Civitavecchia e di Campiglia in Toscana hanno un'origine simile.

Le solfatare più rinomate fuori d' Italia sono quelle della Guadalupa e di San Vincenzo nelle Piccole Antille, quella di Urumtsi nell' Asia centrale, la Gebel-Docân o montagna fumante, e la Gebel-Chebrit o montagna di zolfo in Africa. Si cava molto zolfo dal cratere del Makoushkin nelle Aleuzie, e da quello del Popocatepetl (Messico), nel quale gli operai discendono attaccati a corde per raccogliere lo zolfo sulle pareti inaccessibili e sul fondo del cratere (Fig. 307). Noterò infine la solfatara di Bahar-el-Safinc, sulle sponde del mar Rosso, la quale contiene un adunamento di zolfo libero così abbondante che se ne cavarono fino 120000 quintali all' anno.

9. Quando un vulcano è il prodotto di una sola eruzione, ovvero di parecchie eruzioni avvenute tutte per il medesimo cratere terminale, od almeno per il medesimo asse eruttivo, allora la montagna vulcanica prende la forma

Digitized by Google

di un cono semplice e talvolta molto regolare. Tale è, per esempio, la forma del monte Nuovo e quella dei vulcani spenti dell' Alvernia in Francia (Fig. 328). Ma ordinariamente la forma della montagna vulcanica diventa più complicata.

Abbiamo visto che la maggior parte delle eruzioni dell' Etna e del Vesuvio sono *eccentriche* o *laterali*, e che per esse sorgono sul fianco del vulcano i *coni avventizî*. Sui fianchi dell' Etna attualmente si vedono non meno di 200 coni avventizî. Stando sulla cima del cratere dei monti Rossi, presso Nicolosi, il fianco meridionale dell'Etna appare come un mare di crateri, da cui s' innalza la parte più elevata del vulcano, per la maggior parte dell' anno ricoperta da un candido manto di neve, che contrasta vivamente col nero delle lave e delle arene sottoposte (Figura 321). È però da notarsi che i detriti delle eruzioni laterali sono distribuiti con una certa regolarità e simmetria attorno al vulcano, perchè le fratture laterali seguono sempre le generatrici del cono, e di più si ripetono spesso simmetricamente da due parti opposte di esso (1). Perciò l'Etna conservò abbastanza bene la sua forma conica generale, non ostante le numerose eruzioni eccentriche.

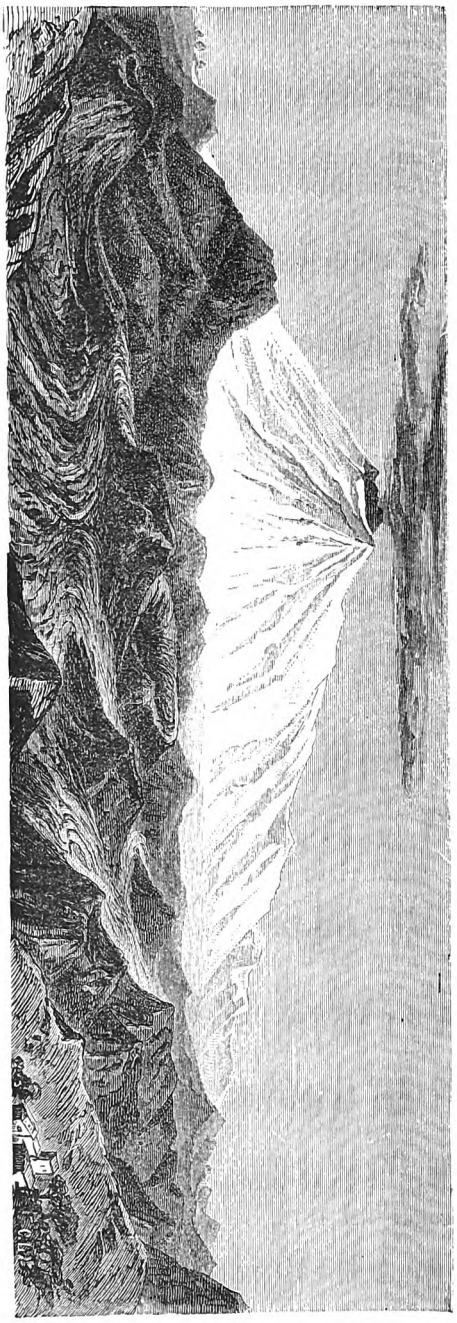


Fig. 321. — Il fianco meridionale dell'Etna veduta dai Monti Rossi presso Nicolosi.

Una prima deviazione della forma conica regolare la presentano i *crateri aperti*, ossia *a ferro di cavallo*. Tali sono, per esempio, i vulcani spenti dell' Alvernia (Fig. 327), ed il cratere delle Cremate nell'isola d'Ischia. Anche il monte Epomeo è un grande cratere aperto a sud e sudest.

La forma più comune nei vulcani è quella di un cono sorgente da un recinto, che ne circonda la base. Il Vesuvio ci offre un bellissimo esempio di *vulcano a recinto* (Fig. 312). Il monte Somma è un cratere vastissimo, che esisteva prima della eruzione pliniana del 79; durante la quale nell'interno di quell'antico cratere si formò, per l'accumulamento delle materie eruttate, il cono vesuviano attualmente attivo.

Sono *vulcani a recinto* molto somiglianti al Vesuvio l'isola Barren, Teneriffa, il Tenggher di Giava, l'isola Borbone, l'isola Vulcano, ecc.

L'isola Barren (Figura 322), situata al nord di quella di Sumatra nel golfo di Bengala, consta di un vastissimo cratere squarciato profondamente in un punto dove il mare s'insinua nel suo interno. Al centro sorge un cono molto regolare di 1300 metri di altezza in continua attività solfatarica.

Talvolta entro un medesimo recinto sorgono due o più coni interni. L'isola di Teneriffa presenta un immenso recinto ovale, il cui asse maggiore non ha meno di 12 chilometri di lunghezza. Nell'interno sorgono 3 coni. Quello centrale è il Picco, alto 4600 metri sul livello del mare. A destra ed a sinistra s' in-

(1) MERCALLI. *Sull'eruzione etnea del 29 Marzo 1883*, negli *Atti della Soc. it. di Sc. nat.*, Vol. XXVI.

Digitized by Google

nalzano due altri coni meno elevati, ma più attivi.

Il Tenggher di Giava è un vastissimo recinto, di 23 chilometri di circuito, il cui fondo, chiamato il Dasar, è un vero deserto di sabbie grigio-oscure, senza traccie di vegetazione, chiuso all'ingiro da pareti a picco, alte da 300 a 500 metri, formate da rocce vulcaniche. Questo recinto è l'antico cratere: nel suo interno sorgono quattro coni allineati su una medesima spaccatura. Uno solo di essi — il Bromo — è attivo, ed ebbe nel secolo attuale non meno di dieci eruzioni (1).

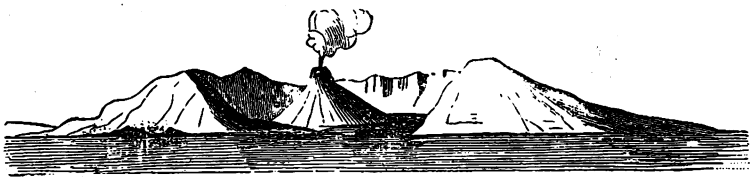


Fig. 322. — Isola Barren nel golfo di Bengala.

L'isola Vulcano (Eolie) presenta pure un grande cratere antico, nel cui interno sorgono due coni più recenti, cioè la *Fossa di Vulcano* e *Vulcanello*.

Non finirei più, se volessi enumerare tutti i vulcani formati da un recinto e da uno o più coni interni; perchè la maggior parte dei vulcani presentano questa forma. Piuttosto cerchiamo quale sia l'origine di questa forma orografica. Premetto che il recinto è sempre un cratere molto vasto; e che, di solito, è aperto da un lato, come si vede nell'isola Barren, nel Vesuvio, nell'isola Vulcano, ecc. (Fig. 312 e 322). Orbene, queste due circostanze fanno supporre che il recinto di questi vulcani sia un antico cratere, il quale, in un parosismo violentissimo venne sventrato e si sfasciò in parte. Il Papandayang di Giava ci offre un esempio di questi terribili parosismi, nei quali un cono vulcanico viene squarciato da cima a fondo e trasformato in un ampio recinto aperto da un lato.

Prima del 1772, scrive Junghuhn (2), il Papandayang era una montagna coperta di ricca vegetazione, e nessuno ci avrebbe sospettato un vulcano. Nell'11 agosto di detto anno la montagna, scossa da violenti terremoti, apparve fiammeggiante. Il vulcano aveva buttato via il suo verde cocuzzolo; quaranta villaggi erano scomparsi e 300 vittime umane immolate. Chi osserva la carta topografica del Papandayang, vede assai chiaramente che la montagna fu aperta e sventrata non solo nel mezzo, come avvie e ordinariamente nei parosismi meno violenti, ma anche sul fianco nordovest, cioè sopra un lungo tratto della spaccatura che determinò l'eruzione. L'isola Palma presenta un vastissimo cratere oblungo, aperto a sudovest, che deve essersi formato in tempi antistorici per un'eruzione simile a quella del Papandayang (Fig. 323). La parte più interna o centrale di questo cratere viene denominato la *Caldera*, e la profonda spaccatura con cui continua la Caldera a sudovest si chiama *Barranco*.

È chiaro che, se la gola del Papandayang o quella dell'isola Palma si riaprissero per dare una nuova eruzione, si formerebbero di coni interni in questi vastissimi crateri; i quali verrebbero in tal modo trasformati in vulcani a recinto.

10. I fenomeni vulcanici fin qui descritti vengono notevolmente modificati, quando i vulcani non sono subaerei, ma si aprono sul fondo del mare.

Relativamente alla estensione dei mari in confronto dei continenti, le eruzioni sottomarine sono molto meno frequenti di quelle subaeree. Per spiegare questo fatto si rifletta che gran parte dei vulcani subaerei sono insulari, ossia sono vulcani sottomarini che a poco a poco ingrandirono ed emersero definitivamente dalle onde. Di più si noti che, se la storia dei vulcani subaerei si può dire cominciata soltanto nei tempi moderni, ed è ancora assai incompleta, molto più scarse devono essere le notizie delle eruzioni accadute nella immensa solitudine dei mari; tanto più che le eruzioni sottomarine molte volte sono brevissime. Due eruzioni accadute nel Mediterraneo, nel 1845 e nel 1846, non furono viste che da un solo capitano di bastimento (1). Chi sa quante altre simili eruzioni, principalmente nel medio evo e nell'antichità, non trovarono neppure un navigante che le osservasse e ne propagasse la notizia!

Nel Mediterraneo abbiamo tre vulcani sottomarini. Due non sono noti che per una eruzione sola e di molto breve durata.

Il 18 Giugno 1845, trovandosi il naviglio

(1) Emilio Stohr, *Il Vulcano Tenggher*, Modena 1867.
(2) Citato in Stoppani, *Corso di geol.*, I pag 350.

(1) Mercalli, *Vulcani e fenom. vulcanici*, pag. 120-121.

Digitized by Google

inglese Victory a 36° 40′ 56″ lat. e 13° 44′ 36″ long. (Green.?), subì una violenta scossa ed i suoi due alberi furono improvvisamente rovesciati. Nel medesimo tempo si diffusero nell'aria emanazioni solforose tanto forti, che l'equipaggio della nave appena poteva respirare. Il naviglio, dopo aver subìto qualche avaria, prese il largo, e, da lungi, quei viaggiatori videro alzarsi dal seno del mare tre immensi globi di fuoco.

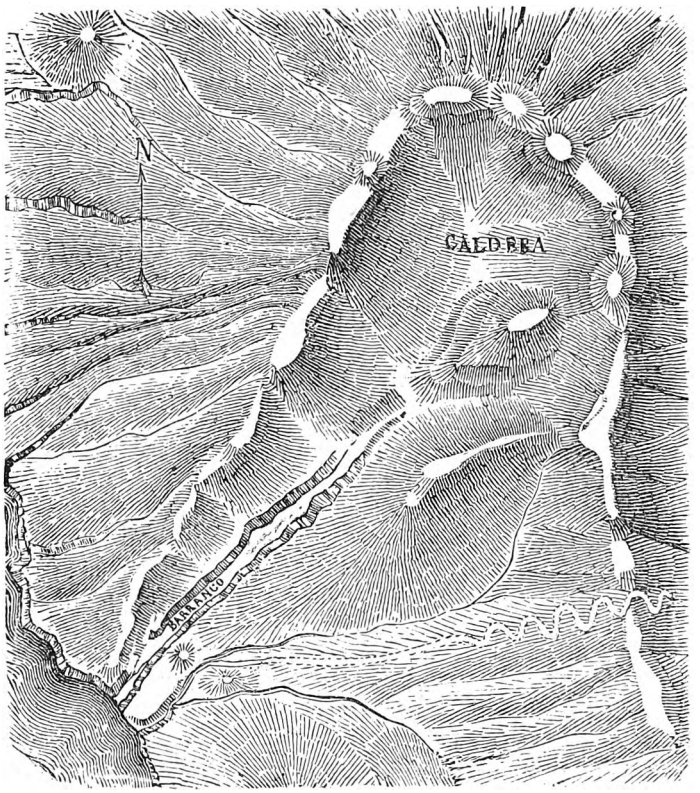


Fig. 323. — Carta dell'isola Palma.

Nell'anno seguente, 1846, la notte 4-5 ottobre, un capitano mercantile, trovandosi nel mare di Siculiana, un poco ad ovest di Girgenti, ed a 9 miglia di distanza dalla costa, osservò da lungi un grande splendore, che a tutta prima giudicò provenisse da qualche battello incendiato. Colla intenzione di prestargli soccorso, gli si avvicinò; ma con grande sorpresa e terrore vide inalzarsi dal mare un'immensa quantità di fumo e di fiamme, nel cui seno venivano lanciati in alto globi incandescenti, che cadevano con orribile fracasso a grande distanza. Il capitano, che osservò questi fenomeni, afferma che il luogo dove uscivano il fumo e le fiamme gli pareva avesse più di un miglio di circonferenza, e che il mare ribolliva su una grande estensione e molto fragorosamente.

Ma il vulcano sottomarino più importante del Mediterraneo è quello situato presso il banco Nerita, tra la Sicilia e Pantellaria, 30 miglia circa a sudovest di Sciacca. In uno dei capitoli precedenti (1) si è già descritto come nel 1831 per un eruzione di questo vulcano si formasse l'isola Giulia (Fig. 324), la quale, essendo nella sua parte emersa costituita esclusivamente da detriti, venne presto demolita dalla forza erosiva del mare.

Presso l'Islanda, 48 chilometri circa a sud-ovest del capo Reykjanes, vi è un vulcano sottomarino che fece eruzione nel 1210, nel 1240, e nel 1783. In quest'ultimo anno si formò una grande isola di cui si impossessarono i Danesi, ed alla quale imposero il nome di Nyoë od isola Nuova; ma, dopo meno di un anno, il mare l'aveva distrutta, e non più restava di Nyoë se non uno scoglio sottomarino.

Nell'arcipelago delle Azzorre, presso l'isola San Michele, si formarono isole effimere, simili all'isola Giulia, nel 1658, nel 1691, nel 1720 e nel 1811. Quest'ultima raggiunse 1610 metri di circuito e 100 metri di altezza ma poi anch'essa scomparve.

Nel 1757, presso la costa del Coromandel sorse, per eruzione sottomarina, un'isola di scorie, che ben presto venne distrutta.

Tra Valparaiso e l'isola Juan Fernandez, nel 1836, si formarono tre isole vulcaniche, due delle quali furono subito distrutte.

Quando il mare è molto profondo, l'eruzione avviene senza l'emissione di grande quantità di detriti; e quindi non ha luogo la formazione di un'isola, neppure effimera.

Tali sono le eruzioni sottomarine avvenute nel Mediterraneo nel 1845 e nel 1846, e quelle che accaddero nel 1866 presso Ter-

(1) Vedi sopra pag. 264.

Digitized by Google

ceira (nelle Azzorre). Ivi, dopo forti terremoti e continua agitazione delle acque del mare, si alzarono alte ed impetuose colonne di acqua e di vapori, da diversi punti disposti sopra uno spazio ellittico di 5 chilometri di lunghezza per uno di larghezza. Col fumo venivano lanciati in aria getti di nere scorie; ed il mare era intensamente colorato fino alla distanza di 10 miglia: ma non si formò nessuna isola e neppure apparvero scogli sottomarini nuovi.

Un'altra regione di vulcani esclusivamente sottomarini è la parte dell'Atlantico compreso tra 21° e 35° long. O. da Greenwich e fra 3° lat.

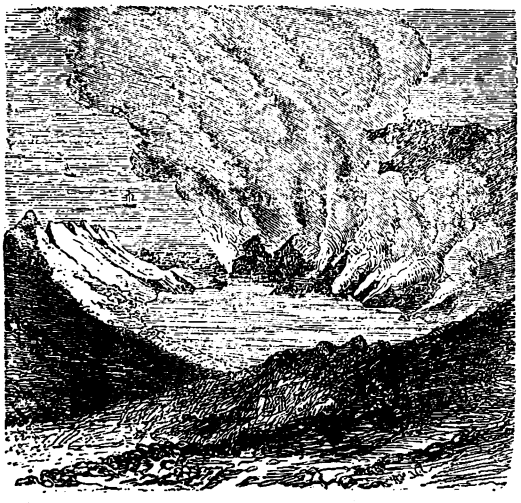


Fig. 321 — L'isola Giulia.

sud e 7.° lat. nord. Dal 1747 al 1836 non meno di dodici volte i bastimenti, passando su questa regione, provarono delle scosse. Si ebbero anche indizi più sicuri di eruzioni sottomarine nel 1806, quando Krusenstern vide elevarsi colonne di fumo dal fondo del mare, e nel 1836 in cui due volte si raccolsero ceneri vulcaniche alla superficie del mare.

Infine non mancano esempî storici di eruzioni sottomarine, per le quali si formarono isole, che per la loro solidità resistettero all'azione distruggitrice del mare. Joanna Boguslava è un isola delle Aleutine, che si formò nel 1796 per una violenta eruzione. Questo nuovo vulcano rimase in continua attività fino al 1823. L'azione erosiva del mare non riuscì a distruggere quella nuova terra, perchè non risulta soltanto da detriti, come l'isola Giulia, ma anche da solide lave.

L'isola Tsinmura o Tanto, presso la penisola della Corea, si formò per eruzioni vulcaniche nel 1007.

Vulcanello, che costituisce la punta settentrionale dell'isola Vulcano, si formò per una eruzione sottomarina avvenuta verso il 200 av. Cr.

Nel gruppo di Santorino, già descritto in altra parte della presente opera (1), si formarono parecchie isole in tempo storico. Una sorse nel 1650 fuori del recinto di Santorino nel luogo detto Banco Columbos (Fig. 192), ma venne presto demolita dal mare perchè costituita soltanto da detriti. Quelle invece, che sorsero nell'interno del recinto di Santorino nel 1707 e nel 1866, si conservarono, perchè costituite in gran parte da solide lave.

11. Tutte le isole formate esclusivamente da rocce vulcaniche recenti ebbero origine da una o parecchie eruzioni sottomarine di detriti e di lava in corrente od in massa.

Tra le isole italiane sono isole esclusivamente vulcaniche, le isole Flegree (Nisida, Procida, Ischia), le isole Eolie, l'isola Ustica, l'isola Pantellaria e l'isola Linosa. Delle isole Ponzie alcune sono interamente vulcaniche, altre solo in parte.

Ecco, per esempio, come si formò l'isola d'Ischia. La parte principale e centrale di quest'isola è costituita dall'Epomeo, il quale è un monte vulcanico, che presenta un gran cratere aperto ossia a ferro di cavallo simile al M. Somma. Le prime eruzioni, con cui cominciò la formazione dell'Epomeo e quindi dell'isola d'Ischia, avvennero in un mare profondo almeno 500 metri. Ciò è attestato da una marna contenente spoglie di animali marini, la quale ricopre in diversi punti i fianchi dell'Epomeo, fino ad un'altezza massima di quasi 500 metri. Dopo le sue prime eruzioni l'Epomeo sporgeva dal mare a guisa d'un piccolo isolotto di circa 250 metri d'altezza. Durante la sua vita sottomarina, l'Epomeo più volte si squarciò nei fianchi ed alla base, e ne sgorgarono correnti, ovvero ammassi enormi di lava trachitica e grandi quantità di pomici ed altri detriti vulcanici. Poi un sollevamento, che, relativamente alla ordinaria lentezza con cui avvengono le oscillazioni della crosta terrestre, fu rapido, portò quasi interamente fuori delle onde quel nuovo monte vulcanico. Durante e dopo il sollevamento, si formarono attorno alla base dell'Epomeo molti piccoli colli ed altipiani, che rap-

(1) Vedi pag. 264-65.

Digitized by Google

presentano correnti di lava uscite dai suoi fianchi, ovvero coni avventizi, sorti per l'accumulamento di ceneri, arene e pomici lanciate dal vulcano nelle sue eruzioni laterali. Nei tempi storici diminuì alquanto, ma non si spense mai l'attività vulcanica dell'Epomeo. Il monte Marecocco e Zale, il Montagnone, il monte Rotaro, il monte Tabor si sono formati per le eruzioni avvenute negli ultimi secoli dell'èra antica e nei primi dell'èra volgare. Infine il cratere della Cremate e la lava dell'Arso sono il prodotto dell'ultima eruzione ischiana scoppiata nel gennaio 1302.

12. I più importanti progressi fatti in questi ultimi anni nella Vulcanologia si devono principalmente allo studio fisico-chimico dei prodotti delle eruzioni. In passato gli storici ed i naturalisti si limitarono quasi esclusivamente alla descrizione della parte fenomenale e spettacolosa degli incendî vulcanici, e poche volte ebbero cura di raccogliere ed esaminare attentamente le materie gasose, le sublimazioni, i detriti, le lave nelle diverse forme in cui si presentano. Solo in occasione delle eruzioni accadute al Vesuvio, all'Etna ed a Santorino negli ultimi trent' anni, s'intrapresero ricerche accurate sulla natura dei prodotti dei vulcani (1).

Le materie emesse dai vulcani si possono classificare in tre gruppi: a) *gas e vapori* di corpi liquidi e solidi; b) *lave in corrente;* c) *materie solide non coerenti.*

Cominciamo dalle prime. Il più abbondante ed importante prodotto aeriforme, emanato tanto dai crateri che dalle lave, è il vapore acqueo; di cui è quasi totalmente formata quell'immensa colonna di fumo (*pino vulcanico*), che si rizza sui vulcani talvolta all'altezza di varî chilometri. Anche durante le eruzioni più moderate esce una quantità grandissima di vapore acqueo. Il padre Cavalleri calcolò che il Vesuvio nel 1856, mentre si trovava in attività stromboliana, emetteva tanto vapore da equivalere a 516.500 chilogrammi di acqua per ogni minuto primo (1). Del resto, per formarsi un'idea della grande quantità d'acqua che sgorga dai vulcani, basta riflettere che di solito le violente eruzioni sono accompagnate da pioggie torrenziali e devastatrici prodotte dal condensamento del vapore eruttato. Al Vesuvio, per esempio, durante le eruzioni del 1631 e del 1794 scoppiarono violenti temporali, con pioggie torrenziali, e le acque fangose, che scesero dal vulcano inondarono e danneggiarono assai i paesi di Somma e di Ottaiano. La formazione dei temporali vulcanici, che sogliono accompagnare le grandi eruzioni, è favorita da ciò, che il fumo che esce dai vulcani è fortemente elettrizzato. Il pino vulcanico, infatti, talvolta s'è visto solcato da folgori, come le nubi temporalesche.

I moderni vulcanologi, studiando la natura dei prodotti delle fumarole in rapporto colla temperatura e colla loro posizione nell'apparato vulcanico, sono giunti alle conclusioni seguenti:

I *fumajoli di* 1ª *categoria* (2) si svolgono immediatamente dalla lava incandescente e dalle bocche eruttive in piena attività; essi hanno temperatura altissima (circa 1000°), e contengono, oltre il vapore acqueo, un' abbondante quantità di cloruro di sodio e di altri cloruri alcalini e dell'acido cloridrico. L'Hecla emette tanta quantità di cloruro di sodio che gli Islandesi vanno sul vulcano a raccoglierlo dopo le eruzioni. Il cono vesuviano, dopo l' eruzione dell' aprile 1872, si trovò ricoperto da uno strato quasi continuo di sal marino.

I fumajoli di 2ª *categoria* presentano una temperatura media di 330° a 350° C., e contengono vapore acqueo con acido cloridrico, acido solforoso e acido solfidrico, e di più sale ammoniaco, ossidi e cloruri di ferro, ecc.

Ai fumajoli antecedenti succedono quelli di 3ª *categoria;* i quali hanno temperatura di circa 80° C. e risultano da vapore acqueo, con acido carbonico ed aria disossigenata e con tracce di acido solforoso ed acido solfidrico. In quest'ultimi fumajoli alcune volte si svolge anche l'idrogeno protocarbonato.

Quanto all'origine di questi diversi prodotti dei fumajoli, pare sia la seguente. L'acqua ed i cloruri di sodio e di potassio con

(1) I più importanti lavori dedicati specialmente allo studio della natura dei prodotti delle eruzioni sono: Monticelli e Covelli, *Storia dei fenomeni del Vesuvio avvenuti negli anni* 1821, 1822 *e* 1823 e *Prodromo della litologia vesuviana*, Napoli 1823. — Bunsen, *Ueber vulkanische Exhalationen.* Berg. der Schlesich Ges fur vater. Kultur. 1852 — Ch. S. C. Deville, *Mém sur la nature et repartition des fumarolles* etc. nel Bull. de la Soc. géol. de France t. XIII e t. XIV. — O Silvestri, *I fenomeni vulc. presentati dall'Etna nel* 1863-1866. — C W. C. Fuchs, *Die Laven des Vesuv,* nel Neues Jahrb. für Min. und Geol. 1865-1869 — Haughton, *Report of the chemical, mineral. and microscop. etc. of the lavas Vesunius.* — Fouqué. *Santorin et ses eruptions* Levyet Fouqué, *Les roches eruptises de France.*

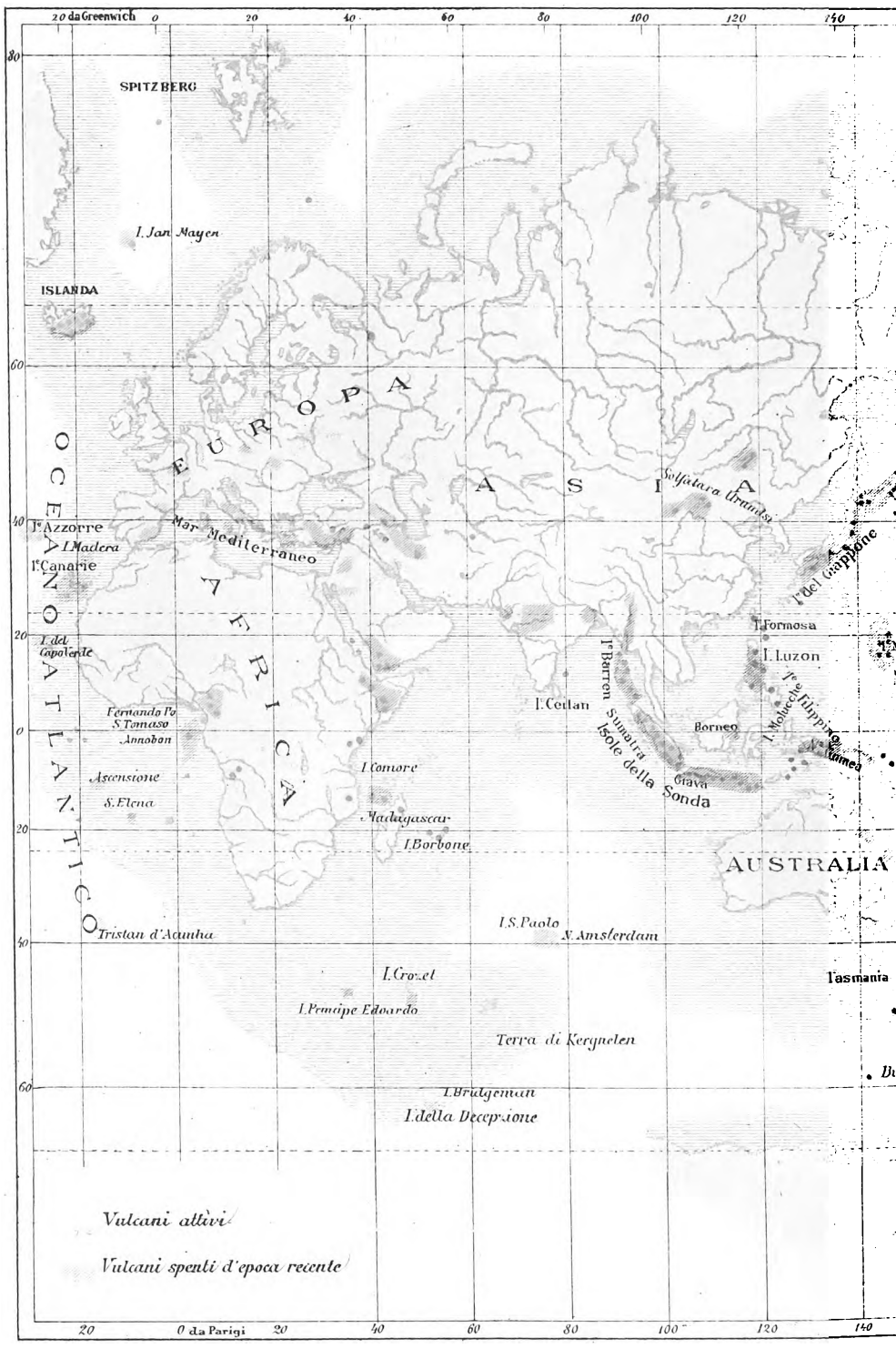
(1) Cavalleri, *Considerazioni sul vapore e conseguente calore,* ecc. Milano 1853.

(2) Questa classificazione dei fumajoli fu stabilita da Orazio Silvestri dietro lo studio dei prodotti della grande eruzione etnea del 1865 (O. Silvestri, *op. cit.*).

Digitized by Google

Digitized by Google

DISTRIBUZIONE GEOG



Lit P. Porati

Casa Editrice D

Digitized by Google

GRAFICA DEI VULCANI

Nome ed altezza dei principali vulcani attivi

Fossa di Vulcano	M. 386	Etna	M. 3313
Stromboli	» 845	Pasto	» 4207
Isalco	» 1000.?	Mauna Loa	» 4194
Vesuvio	» 1295	Pichinca	» 4787
Jorullo	» 1345	Kliutschewskaja	» 4804
Hekla	» 1555	Sangay	» 5360.?
Tongariro	» 2166	Popocatepetl	» 5420
Vulcano di Borbone	» 2505.?	Cotopaxi	» 5943
Tenggor di Giava	» 2915	Gualatieri o Sahama	» 6415

Dottor Francesco Vallardi

G. Mercalli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

tutta probabilità provengono immediatamente dall'acqua marina. La posizione di quasi tutti i vulcani attivi, che si trovano al perimetro dei continenti o nelle isole, rende molto verisimile questa ipotesi (1).

L'acido cloridrico proviene dalla decomposizione del cloruro di sodio per mezzo del vapore acqueo, agente ad alta temperatura ed in presenza dei silicati della lava. I cloruri di ferro hanno certamente origine dall'azione dell'acido cloridrico sulla lava, in cui non mancano mai i silicati a base di ferro.

Lo zolfo esiste in piccola quantità nelle lave allo stato libero. Da esso nell'interno del vulcano hanno facilmente origine l'acido solforoso e l'acido solfidrico. Questi gas, venendo poi a contatto fra di loro nelle fumajole, si decompongono formando acqua e zolfo libero.

Il sale ammoniaco, che è tanto abbondante tra i prodotti dei fumajoli vulcanici, è in molti casi un prodotto della decomposizione delle materie vegetali, con cui vengono a contatto le lave incandescenti. Ma tale non può essere l'origine del salammoniaco, che esala continuamente dai crateri vulcanici attivi. Questo sale si può formare: 1.° per dissociazione del vapore acqueo, determinata dall'alta temperatura, e dalla combinazione dell'idrogeno allo stato nascente coll'azoto, producendo dell'ammoniaca, la quale poi, reagendo coll'acido cloridrico, forma il cloruro ammonico; 2.° per la decomposizione delle materie organiche azotate esistenti nell'acqua marina.

13. La lava, al momento in cui sgorga dal vulcano, ha l'aspetto di una materia più o meno fluida ed incandescente. Di solito la sua superficie offre una specie di ebollizione, mentre un fumo denso e bianco si sprigiona più o meno tumultuosamente dal suo seno. Questo fumo ha la composizione delle fumarole di 1ª categoria. La parte superficiale della lava si raffredda molto rapidamente e diventa molto porosa e scoriacea, per il continuo ed abbondante svolgersi di vapori. La parte interna invece si raffredda lentissimamente, e talvolta continua a fluire per più mesi od anche per anni. Perde però rapidamente di velocità diventando più densa e dovendo trascinare seco la parte solidificata, in cui si trova ravvolta, come in un sacco di scorie. Le lave del 1865 scorrevano colla velocità massima di 10 metri al minuto primo, presso le bocche eruttive, essendo la media inclinazione del suolo 6° a 7°.

La temperatura della lava incandesento si trovò oscillante tra 800° e 1200°.

Assai diverse sono le lave riguardo al modo di aggregamento. Alcune offrono l'aspetto di una materia fluida continua, simile a quella del vetro strutto della fornace, altre invece rassomigliano piuttosto ad un ammassamento di blocchi pastosi ed incandescenti. Le lave del Vesuvio vengono divise dal Palmieri in lave a superficie unita (*fladen-lava* di Heim) ed in *lave frammentarie* (*schollen-lava* di Heim). Le prime ordinariamente presentano la superficie divisa e striata, in modo da somigliare ad un ammasso di grosse funi (*lave a corda*). Le seconde emettono una maggiore quantità di vapori e si raffreddano più facilmente.

Nelle lave raffreddate si distingue sempre una parte centrale raffreddata più lentamente,

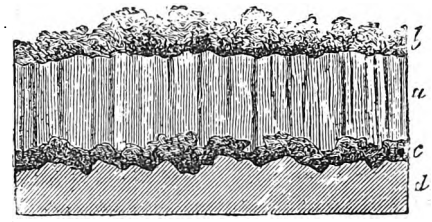


Fig. 325. — Sezione di una corrente di lava vesuviana del 1872, osservata presso San Sebastiano.

a. Parte centrale compatta. — *b*. Parte scoriacea superiore. — *c*. Parte scoriacea inferiore. — *d* Terreno su cui scorre la lava, formato dai tufi dello Somma.

la quale è compatta, continua e ben cristallizzata; ed uno strato scoriaceo frammentario inferiormente e superiormente (Fig 325).

Le lave sono rocce cristalline formate dall'associazione di due o più silicati. Le lave dell'Etna sono basalti grigi o neri formati da feldspato plagioclasio, da augite e da olivina. Quelle del Vesuvio sono pure basalti risultanti da leucite, da augite ed olivina; le lave dell'isola d'Ischia sono trachiti grigie formate da una pasta di feldspato sanidino, con cristalli del medesimo feldspato, di olivina e di mica disseminati porfiricamente.

Le lave di solito hanno struttura porfirica, cioè risultano da una pasta fondamentale ap-

(1) Alcuni hanno objettato che l'acqua marina non potrà penetrare nei focolari vulcanici; poichè, incontrando un'alta temperatura e riducendosi in vapore, dovrebbe far ritorno verso la superficie per le stesse vie, per le quali è filtrata. Ma, a sciogliere questa difficoltà, valgono alcune bellissime esperienze di Daubrée, colle quali egli dimostrò che è possibile la infiltrazione capillare dell'acqua attraverso le materie porose, non ostante una forte contropressione di vapore; e che il calore, verso cui va incontro l'acqua approfondandosi sotterra, non si oppone alla sua filtrazione (Daubrée).

Digitized by Google

parentemente compatta e da cristalli macroscopici (ossia visibili ad occhio nudo) disseminati in essa. La pasta fondamentale, esaminata al microscopio, si trova risultante da una piccola quantità di sostanza vitrea (18 a 10 per cento), e da cristallini microscopici in generale della medesima natura dei cristalli macroscopici (Fig. 326).

Si credette in passato che le lave sgorgassero dai vulcani allo stato di fusione vitrea; ma ora parecchi geologi (1) ritengono che la lava contenga i cristalli già formati, quando viene alla luce. Siccome poi la lava tiene nella propria massa moltissima acqua (probabilmente allo stato sferoidale), così la si può considerare come un *magma acqueo cristallino ad altissima temperatura*. Le lave devono la propria fluidità e scorrevolezza al vapore acqueo ed alla sostanza vitrea che s'interpone tra i cristalli.

La quantità di lave emesse dai vulcani talvolta è enorme. Dallo Skaptar Jokul d'Islanda,

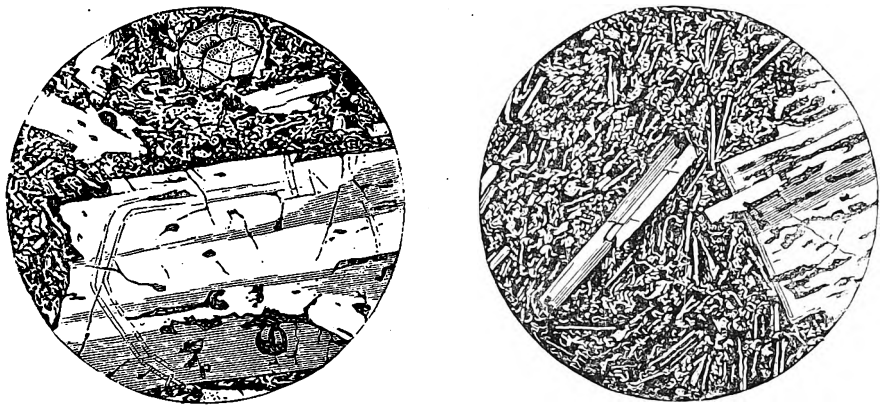


Fig. 326. — Lave dell'Etna (del 396 a. C. e del 1'29 d. C.) vedute al microscopio (da F. Rutley).

per esempio, nel 1783 sgorgarono due correnti di lava la prima lunga 80 chilometri, larga di più 24; la seconda lunga 65 e larga 12. Lo spessore di queste correnti raggiungeva fino 150 metri. Secondo lo Scrope, il volume totale di queste lave superava quello del monte Bianco.

Se la lava in corrente è il prodotto più caratteristico dei vulcani, non ne è tuttavia il principale, almeno per quelli subaerei; poichè questi, in generale, emettono in quantità ancora maggiore le materie solide incoerenti associate al vapore acqueo. Per esempio, nell'eruzione etnea del maggio 1879 sgorgarono da una spaccatura apertasi sul fianco settentrionale del vulcano 23 milioni di metri cubici di lava; ed intanto il solo cratere Umberto-Margherita lanciava circa 100 milioni di metri cubici di detriti.

Il *pino vulcanico* che s'innalza a migliaja di metri d'altezza carico di detriti e di massi incandescenti, è sempre la parte più spettacolosa delle eruzioni. E Virgilio lo descrive stupendamente in quei versi:

« . . . . . Horrificis juxta tonat Ætna ruinis
Interdumque atram prorumpit ad aëthera nubem
Turbine fumantem piceo et candente favilla,
Attolitque globos flammarum et sidera lambit;
Interdum scopulos avulsaque viscera montis
Erigit eructans liquefactaque saxa sub auras
Cum gemitu glomerat, fundoque exaestuat imo » (1).

Nel 1779 si alzò sul cratere del Vesuvio una colonna di materie infuocate alta circa 3000 metri; e per essa di notte vennero rischiarati i paesi attorno al Vesuvio fino a 10 miglia di lontananza, in modo da poter leggere uno scritto (2).

Le materie frammentarie lanciate dai vulcani sono *i projetti, le bombe, le scorie, i lapilli, le arene, le ceneri.*

I *projetti* o *massi rigettati* sono formati da pezzi di roccia di natura varia, strappati ai terreni attraversati dalla lava nel venire alla luce.

Le *bombe* sono projetti ricoperti da una crosta di lava coeva (3), ovvero sono brani voluminosi di questa lanciati in aria.

(1) Lo Scrope, lo Stoppani, O. Silvestri, K. Fuchs, e lo scrivente.

(1) *Eneide*, lib III.
(2) W. Hamilton, cit. in Kant, *Geografia fisica* t. IV, p. 286.
(3) Cioè della medesima eruzione.

Digitized by Google

Le *scorie* sono piccoli pezzi di lava incandescente lanciati dal vulcano. I lapilli sono frammenti di lava più piccoli delle scorie. Infine le arene e le ceneri vulcaniche sono pure lava finamente triturata dalla forza elastica del vapore acqueo, mentre si sprigiona violentemente dall'interno della gola del vulcano.

I lapilli e le arene vulcaniche sciolte formano le *pozzolane*, impiegate per mescolare alla calce spenta nella fabbricazione dei cementi.

Quando i detriti vulcanici si agglutinano o cementano più o meno saldamente tra di loro, sia per semplice forza di adesione, sia per un cemento interposto, si formano i *tufi vulcanici*.

Talvolta invece di lave escono dai vulcani torrenti di fango ad alta temperatura. Il Gelungung di Giava da tempo immemorabile era in perfetto riposo. Nel luglio 1823 le acque del fiume Kunir, che sgorgavano dal suo fianco divennero calde e torbide. Nell'8 Ottobre si udì una forte detonazione; la terra tremò; ed improvvisamente una densa colonna di fumo avviluppò nelle tenebre tutta la regione circostante. Intanto un fiume di fango caldissimo si precipitò dalla montagna ed inondò tutti i dintorni. Le ceneri, le pietre eruttate ed il fango ricoprirono uno spazio di 24 miglia, compreso tra la montagna ed il fiume Tondoi, seppellendo totalmente le piantagioni ed i villaggi numerosi sparsi nella campagna. Furono distrutti 114 villaggi e perirono 4000 persone (1).

14. I vulcani si distinguono in *attivi* e *spenti*. Si considerano come attivi non solo quei vulcani che, come lo Stromboli, sono in continua attività, o, come il Vesuvio, dànno eruzioni molto frequenti; ma anche quei vulcani, che, come l'Epomeo d'Ischia, rimangono per secoli in quiete. L'Epomeo ebbe alcune eruzioni al principio dell'èra volgare, poi stette in perfetto riposo per più di 1000 anni. Pareva spento per sempre. Ma invece nel gennajo 1302, dopo violenti terremoti, si squarciò nel suo fianco orientale, e ne sgorgò una grande corrente di lava. Ora questo vulcano riposa non da 1000 anni, ma soltanto da 580. Niente dunque ci autorizza a classificarlo tra i vulcani spenti. Anzi le numerose fumarole che esistono sui suoi fianchi, ed i disastrosi terremoti che ne agitano il suolo, fanno temere che non abbia a tardare a rimettersi in attività.

(1) Boscowitz, *Les volcans*, ecc. p. 334

Anche il Vesuvio al principio dell'èra volgare era in quiete assoluta da tempo immemorabile, ma poi nel 79 eruppe in una violentissima eruzione. Dunque è difficile giudicare dalla breve nostra esperienza quali siano i vulcani estinti per sempre, e quali invece in fase di lungo riposo. Tuttavia egli è certo che molti vulcani sono estinti: e si possono ritenere come tali quelli che non diedero eruzione da parecchie migliaja d'anni, per esempio da tutta l'epoca antropozoica.

Tali sono in Italia il Vulture, Rocca Monfina, i colli Albani presso Roma, i colli Cimini

Fig. 327. — Vulcani spenti dell'Alvernia (Francia).

presso Viterbo (Fig. 328) ecc.; in Francia i coni vulcanici dell'Alvernia (Fig. 327); in Germania quelli dell'Eifel e del lago di Laach. Spesso accade che i crateri dei vulcani spenti si riempiano d'acqua e si trasformino in crateri-laghi. In Italia sono crateri-laghi il lago d'Agnano, ora prosciugato artificialmente, il lago Albano, il lago di Nemi, il lago di Vico (Fig. 328), e parecchi altri.

Molti vulcani spenti d'epoca recente si riconoscono facilmente, perchè presentano ancora ben conservato l'apparato vulcanico, cioè un monte conico formato da lave e da strati di scorie, lapilli e ceneri vulcaniche. È facile, per esempio, riconoscere i vulcani spenti dell'Alvernia per la loro forma e struttura caratteristica (Fig. 327). Ma molte volte l'apparato vulcanico manca totalmente o quasi totalmente, sia perchè non si è formato (come accade nelle eruzioni che avvengono in mare a grande profondità), sia perchè venne distrutto o dall'azione erosiva del mare (come avvenne dell'isola Giulia e dell'isola Sabrina) o dagli agenti atmosferici. Allora il vulcano può essere ridotto ad una semplice lava *in massa* od *in corrente* interclusa in rocce di altra natura.

I vulcani spenti si possono dividere in due classi, cioè *recenti* ed *antichi*. I primi sono quelli *terziarî* e *posterziarî;* i secondi sono quelli appartenenti ad epoche geologiche più antiche. È importante fare questa distinzione nello studio dei vulcani attuali attivi; perchè

Digitized by Google

questi sono quasi sempre vicini ai vulcani spenti d'epoca recente, dei quali essi sono in certo senso la continuazione. Per esempio, lo Stromboli e l'isola Vulcano formano un solo gruppo vulcanico coi crateri spenti dell'isola Lipari, di Salina, di Felicudi ed Alicudi; similmente

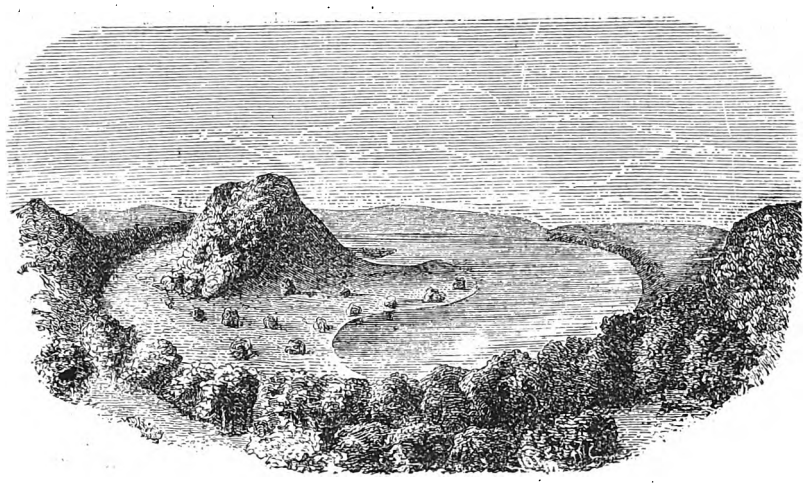


Fig. 328. — Il Lago di Vico (cratere-lago) presse Viterbo (da Stoppani).

l'Etna è vicina ai vulcani spenti recenti di Val di Noto e degli scogli dei Ciclopi, ed il Vesuvio fa parte di una zona vulcanica, che conta non meno di una diecina di gruppi di vulcani spenti recentemente.

Per questo motivo io credo che, nello studio della distribuzione geografica dei vulcani, bisogna tenere nota non solo di quelli attivi, ma anche dei vulcani spenti, recenti; perchè spesso costituiscono collettivamente un medesimo distretto vulcanico. I principali gruppi di vulcani spenti recenti sono segnati sulla Tavola XV.

15. I vulcani non sono quasi mai isolati; ma invece si trovano avvicinati tra loro a formare *gruppi* o *distretti vulcanici*. I quali alla loro volta sono allineati tra loro a costituire grandi *zone vulcaniche*. Per esempio, il Vesuvio, i Campi Flegrei e l'isola d'Ischia formano un distretto vulcanico che si può chiamare *napoletano* (Fig. 329); le isole Eolie un altro; l'Etna ed i basalti delle isole Ciclopi un terzo

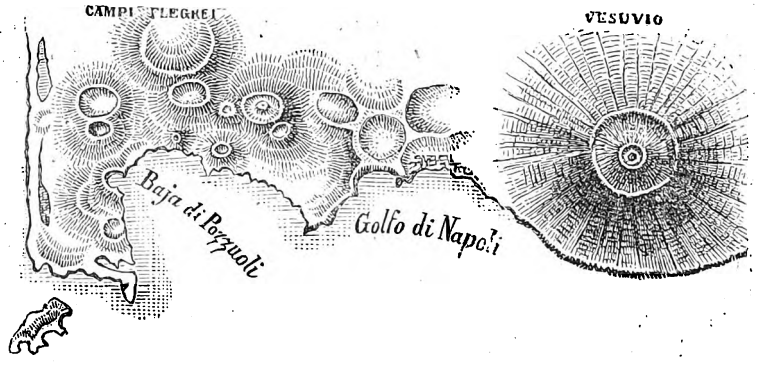


Fig. 329. — Carta del Vesuvio e dei Campi Flegrei.

le isole vulcaniche dell' Arcipelago greco un quarto; alcuni vulcani dell' Asia minore formano un quinto distretto; infine i vulcani del Caucaso e quelli dell'Armenia formano altri distretti. Orbene, tutti questi distretti vulcanici costituiscono la *zona vulcanica mediterranea*.

Il fatto più importante, che risulta dallo studio della distribuzione geografica dei vulcani, si è: 1° il loro raggruppamento in zone lineari; 2° la posizione di queste zone, che corrono o presso il perimetro dei continenti o nelle isole, e non mai nell'interno dei continenti.

Uno sguardo dato al planisfero (Tav. XV), in cui sono segnati tutti i vulcani attivi e quelli spenti da poco tempo, basta a rilevare questo fatto. Ecco le zone vulcaniche segnate sulla carta.

Cominciamo dal gran cerchio di fuoco, che circonda tutte le coste del Pacifico.

Catena delle Aleutine e *d'Alaska*. — Comprende 48 vulcani attivi nelle Aleutine e 5 nella penisola Alaska.

Zona dei monti delle Cascate. — Comprende molti vulcani, 7 dei quali attivi allineati da nord a sud tra 60° e 42° lat. Nord.

Zona della vecchia California. — Comprende parecchi vulcani spenti ed uno attivo.

Digitized by Google

Zona del Messico. — Comprende 15 vulcani, 9 dei quali attivi, tra cui ricorderò l'Jorullo ed il Popocateptl (Fig. 307).

Zona dell'America centrale. — Comprende 30 vulcani attivi e molti altri spenti.

Zona della Colombia e di Quito. — Comprende 14 vulcani attivi, tra cui il Pichincha, il Cotopaxi, il Sangay.

Zona del Perù e della Bolivia. — Comprende 14 vulcani attivi

Zona del Chili. — Comprende 33 vulcani, di cui 10 almeno attivi: sono notevoli, perchè 4 di essi sono in attività permanente.

La zona vulcanica del Chilì si prolunga anche nella Patagonia, dove ci sono parecchi vulcani spenti ed uno attivo (nella Terra del Fuoco). Finalmente nella direzione della catena descritta s'incontrano alcuni vulcani della Nuova Shetland.

Passiamo alla parte occidentale del Grande Oceano, ossia alle coste orientali dell' Asia.

Zona del Camsciatca — Comprende 38 vulcani, 12 dei quali attivi.

Zona delle isole Curili. — Comprende 20 vulcani, 10 dei quali attivi.

Zona del Giappone. — Comprende 13 vulcani attivi e molti spenti.

Zona dell'isola Formosa. — Comprende 3 vulcani attivi nell'isola Formosa, uno nell'isola Tsinmura, e diversi vulcani sottomarini.

Zona delle Filippine. — Comprende 12 vulcani attivi, notevoli per la continuità delle loro eruzioni.

Zona delle Molucche. — Presenta 8 vulcani attivi, tra cui il Gamalama di Ternate. Forse si possono considerare come un seguito di questa zona alcuni vulcani attivi della Papuasia.

Zona dell'isole della Sonda. — Nella sola isola di Giava si contano almeno 100 vulcani, 20 dei quali attivi; in quella di Sumatra altri 7 attivi, e parecchi (il terribile Cracatoa ed il Gunung-Palu) nello stretto della Sonda. Altri 20 vulcani ardono nelle isole minori dell'Arcipelago della Sonda: tra essi ricorderò il Timboro di Sumbava, che nel 1815 eruppe in una delle più terribili eruzioni registrate dalla storia.

Zona della N. Brettagna e delle isole Salomone e di Santa Cruz. — Comprende 7 vulcani attivi.

Zona delle Ebridi e delle isole dell'Amicizia. — Comprende 9 vulcani attivi e molti spenti. Le isole della Società e le isole Marchesi contengono parecchi vulcani, ma probabilmente tutti spenti.

Zona della N. Zelanda. — Nella N. Zelanda meridionale ci sono parecchi vulcani attivi presso la costa orientale. La N. Zelanda settentrionale presenta tre vulcani attivi, molti spenti ed un numero grandissimo di sorgenti termali e di geysers, che descriveremo più innanzi.

Zona delle isole Marianne. — Queste isole non sono tutte vulcaniche, ma contengono molti vulcani spenti ed almeno 4 attivi.

Zona delle isole Sandwich. — Le isole Sandwich sono tutte vulcaniche. Vi è un vulcano allo stato di solfatara nell' isola Maui, e 4 vulcani attivi nell'isola Hawai, tra cui il famoso Mauna-Loa.

Nel bacino dell'Atlantico esiste una serie di vulcani insulari disposti su una linea a zig-zag, che lo attraversa quasi per intero scostandosi di pochi gradi ad est e di 10° a 12° ad ovest del meridiano dell'isola del Ferro. Questa grande zona vulcanica risulta dai seguenti gruppi di vulcani.

Gruppo dell'isola Jan Mayen. — Comprende un vulcano attivo dell'isola Jan Mayen ed un secondo dell'isola Egg.

Gruppo d' Islanda. — In Islanda sono molto sviluppate le rocce vulcaniche recenti ed esistono 27 vulcani che diedero eruzioni in tempi storici, tra i quali sono attivissimi l'Hecla, il Cötla, l'Oerefa Jocul, lo Skaptar Jocul.

Gruppo delle Azzorre. — Quattro di queste isole contengono un vulcano attivo. Nelle altre vi sono vulcani probabilmente spenti. Solo Santa Maria, la più sud-orientale di tutte, non è interamente di origine vulcanica. Presso le Azzorre avvennero molte eruzioni sottomarine.

Gruppo delle Canarie. — Queste isole sono formate da lave vulcaniche recenti e presentano 3 vulcani attivi.

L'isola Madera, a nord delle Canarie, presenta pure vulcani spenti.

Isole del Capo Verde. — Contengono un vulcano attivo e sono quasi interamente formate da rocce vulcaniche recenti.

Gruppo di vulcani sottomarini compresi tra 18° e 32° long. occ. di Parigi e tra 3° lat. sud e 7° lat. nord.

A sud dell'equatore s' incontrano parecchie isole con vulcani estinti (isola dell' Ascensione, isola Tristan d'Acunha, ecc.), le quali continuano nell'Atlantico meridionale la zona vulcanica ora descritta.

La serie dei vulcani attivi, giunta presso l'equatore, piega ad oriente seguendo il perimetro del continente africano.

Digitized by Google

Zona vulcanica dell'Africa occidentale. — Nella Guinea vi sono parecchi vulcani spenti ed alcuni attivi. Sono pure vulcaniche le isole Annobon, San Tomaso e Fernando, nella quale esiste un vulcano attivo. Un vulcano allo stato di solfatara si trova in Africa presso la costa a circa 10° lat. sud.

Zona dell'Africa orientale. — Una zona di vulcani, parte spenti, parte attivi, comincia sulla costa di Mozambico, passa nelle isole Comore, nella parte settentrionale del Madagascar e finalmente nelle isole S. Maurizio e Borbone.

Zona dell'Abissinia. — Comprende parecchi vulcani attivi e molti spenti. Nel mare vicino esistono diverse isole vulcaniche; ed altre se ne incontrano con vulcani in parte attivi, a nord di Bab-el-Mandeb, nel mar Rosso.

Zona dell'Arabia. — Una catena di vulcani corre lungo la costa occidentale dell'Arabia a partire dal 15° lat. nord.

Per mezzo dei vulcani spenti dell'Indostan, la catena Arabica si collega con quelli del golfo di Bengala, dove ha principio la grande zona vulcanica già descritta, che circonda tutto il grande oceano.

Si vede dunque che quasi tutti i vulcani si trovano presso le coste dei continenti, e che anche quelli che sorgono in mare formano linee parallele alle masse continentali. Questa distribuzione è specialmente evidente nel Grande Oceano, il cui bacino è costeggiato da una zona quasi continua di vulcani, la quale accenna all'esistenza di un sistema di fessure sotterranee corrispondenti al limite tra le terre emerse ed il mare, ossia al confine tra le parti sollevate e quelle abbassate della crosta della Terra. L'esistenza di un sistema di fenditure, e della conseguente distribuzione geografica dei vulcani, trova una facile spiegazione nell'origine dei continenti stessi.

Queste grandi catene di vulcani, che seguono le coste dei maggiori continenti, s'insinuano pure nell'interno di questi, dove esistono grandi bacini mediterranei. Ne è prova la *zona vulcanica mediterranea* formata dai 4 vulcani attivi italiani, dai 3 vulcani sottomarini del Mediterraneo, dai vulcani di Santorino e dell'isola Nisyros, dai vulcani dell'Asia minore, dall'Elbruz (nel Caucaso), dall'Ararat e dal Demavend a sud del Caspio.

16. Eccettuata l'emissione della lava in colata od in detriti e delle materie volatili, che la accompagnano immediatamente (cloruro di sodio ed acido cloridrico), gli altri fenomeni, che trovammo riuniti nei vulcani, s'incontrano anche isolati, e più o meno da questi indipendenti, nei *terremoti*, nei *geysers*, nei *vulcani di fango*, nelle *putizze*, nelle *mofette*, nelle *sorgenti termo-minerali*. Perciò tutti questi fenomeni si chiamano fenomeni *pseudo-vulcanici* o *fenomeni vulcanici secondarî*.

Un primo gruppo di fenomeni che talvolta riproducono in miniatura quasi tutti i fenomeni dei veri vulcani sono le *salse* e i *vulcani di fango* (1).

I vulcani di fango sono piccole colline di un'altezza che varia da pochi decimetri fino a parecchie centinaja di metri. I loro prodotti sono masse gasose formate specialmente da idrogeno protocarbonato e da acido carbonico con piccole quantità di acido solfidrico e di idrogeno. In generale l'idrogeno protocarburato costituisce la quasi totalità (cioè il 90-95 %) dei prodotti gasosi; talvolta però predomina invece l'acido carbonico. Questi gas, erompendo dal suolo, trascinano seco colla loro forza elastica masse liquido-pastose formate in gran parte da argille rammollite dall'acqua. Quasi sempre questi fanghi contengono salmarino associato ad altre sostanze saline, e per questo i vulcani di fango si chiamano anche *salse*. Nelle eruzioni violente i vulcani di fango eruttano frantumi di rocce, detriti e massi talvolta molto voluminosi, strappati ai terreni che attraversano. Spesso ai prodotti dei vulcani di fango si associano i petroli ed i bitumi.

Nella maggior parte dei vulcani di fango le materie eruttate hanno una temperatura uguale o di poco superiore a quella dell'ambiente. Vi è però una classe di vulcani di fango, che eruttano materie ad una temperatura prossima od anche superiore a quella dell'acqua bollente. In questi manca totalmente l'idrogeno protocarburato, ed abbonda in sua vece il vapore acqueo e l'acido solfidrico. Questi *vulcani di fango a vapore acqueo* si trovano esclusivamente presso i vulcani attivi (in Islanda, nella Nuova Zelanda), coi quali mostrano di essere nei più stretti rapporti di origine.

Le due regioni del globo più ricche di vulcani di fango sono la penisola di Taman, situata tra il mar d'Azof ed il mar Nero, al

(1) G. Bianconi, *Storia naturale dei vulcani ardenti*, Bologna 1840. — Abich. *Geologie der Halbinsel Kertsch und Taman*, nelle Mém. de l'Acad. Imp. de S. Petersbourg, Serie VIII, t. IX. — A. Stoppani, *I Petroli in Italia*, Il Politecnico vol. I° e II°. — F. V. Hayden, *Yellowstone national Parc*, Washington 1883.

Digitized by Google

piede occidentale della catena del Caucaso, ed i dintorni di Baku presso il Caspio, a nordest della medesima catena montuosa.

Nella penisola di Taman la maggior parte dei coni hanno da 30 a 50 metri d'altezza. Due coni nuovi si formarono nel 1818 e nel 1833, e nel mese di agosto 1853 avvenne una forte eruzione accompagnata da terremoti, da molto fumo e da un' alta colonna di fuoco. Nel 1799 per un' eruzione di fango si formò una nuova isola nel mar d'Azof. In vicinanza di questi vulcani vi sono molte sorgenti petroleifere ed il fango eruttato dai vulcani stessi contiene sempre petrolî o bitumi.

Ancora più importanti e numerosi sono i vulcani di fango, che sorgono presso la sponda occidentale del Caspio. Basti citare la catena che comprende l'Ottmann Boss, il Toragai ed il Chissilchetci, tre coni che gareggiano per le loro dimensioni coi veri vulcani. L' Ottmann Boss è un cono di 116 m. di altezza e presenta un cratere, formato da sette anelli, di un diametro massimo di 370 m. (Fig. 330). Il Toragai è un monte di fango di 467 metri di altezza e con un cratere di 427 metri di diametro. Il Chissilchetci si leva fino a circa 425 m. di altezza.

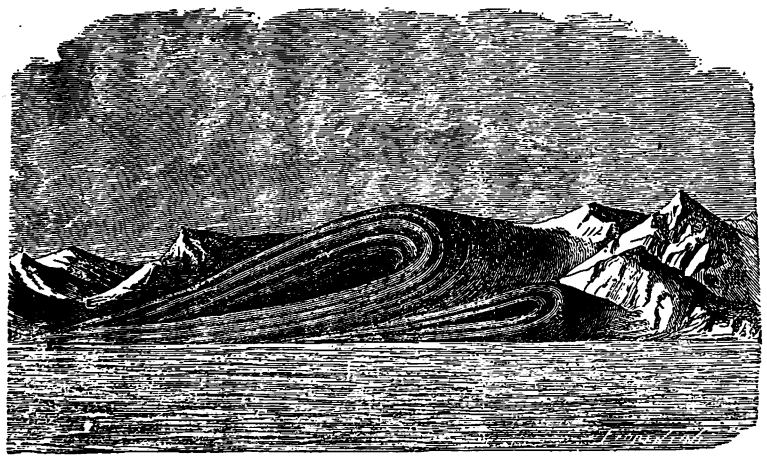


Fig. 330. — Cratere dell'Ottmann Boss.

Molti vulcani fangosi esistono nel mar Caspio presso questa regione. Nel 1861, per esempio, in seguito a violenti terremoti, scoppiò nel Caspio una eruzione di fango, per la quale si formò una nuova isola lunga 87 metri, larga 66 ed alta circa 3 metri e mezzo. Si ebbe appena tempo di dare il nome d' isola Cumani a questa nuova terra, perchè il mare in breve tempo la demolì totalmente. Altre isole del Caspio, formate pure da eruzioni fangose, resistettero all'azione erosiva delle onde. Tale è, per esempio, l'isola Bulla di 2455 metri di lunghezza e 1388 di larghezza. Una violenta eruzione di fango ebbe luogo all'isola Bulla nel 1857. La corrente di fango eruttata aveva 366 metri di larghezza. Un gran numero di piccole palle o bombe vennero lanciate dal vulcano e pervennero fino al lido. L'esplosione fu preceduta da forti terremoti locali. Sul cratere rizzossi una fiamma incessante, a guisa di colonna di fuoco, accompagnata da una nube, che indica la presenza di molto vapore acqueo.

In Italia vi sono numerosi vulcani di fango nell'Apennino dell'Emilia ed in Sicilia.

Le principali salse dell' Emilia si trovano nel Reggiano a Casola Querzola, nel modenese presso Sassuolo, presso Nirano, a Mont'Ardone, a Pojanello e ad Ospedaletto; infine nel bolognese a Sassuno ed a Bergullo. In tutte queste salse il gas predominante è l'idrogeno protocarbonato. I fanghi eruttati dalle salse dell' Emilia sono freddi e risultano dalle argille e dalle marne mio-plioceniche in cui le salse stesse sono aperte, poco alterate e mescolate con acqua salata petroleifera.

Le salse dell' Emilia presentano coni poco elevati, cioè di pochi decimetri ed al più di alcuni metri di altezza. Ordinariamente dai loro crateri in miniatura sgorgano piccole correnti di fango. Alcune però, a lunghi intervalli di tempo, eruppero in eruzioni molto violente. La salsa di Sassuolo, per esempio, ebbe violenti parosismi nel 91 av. Cr., poi nel 1594, nel 1601, nel 1628, nel 1781, nel 1789, nel 1790, infine nel 4 giugno 1835. Ecco come avvenne quest' ultima: — « In quel giorno fu sentito in questi dintorni un odore acutissimo di petrolio, che ad alcuni parve di zolfo, e pochi momenti appresso si scosse il terreno e si udì uno scoppio simile a quello del cannone. Erano le ore 5 e 16 minuti . . . Allora si vide elevarsi su questa salsa, di cui era scomparsa quasi la traccia, una colonna di denso fumo, all'altezza di circa 50 metri: in mezzo a questa scintillavano

Digitized by Google

fiammelle di colore giallo, ora rossastro, ora azzurrognolo; dal vertice di essa venivano gettati all'intorno sassi voluminosi ed una densa fanghiglia argillosa, la quale discorreva giù per le sottoposte pendici. Tale violenta eruzione durò 20 minuti e si rinnovò con minore intensità alle 5 pom. dello stesso giorno; la salsa non tornò in calma perfetta che dopo nove settimane. La materia eruttata fu calcolata approssimativamente un milione e mezzo di metri cubici . . . » (1).

I principali vulcani di fango di Sicilia sono: le Salinelle di Paternò e di San Biagio, la salsa di Fondachello, (tutte al piede dell'Etna), quelle di Terrapilata e di Xirbi, e le Macalube di Girgenti.

Le Salinelle di Paternò emisero gran quantità di acqua calda fangosa, salata, petroleifera nel 1866, poco dopo l'eruzione etnea del 1865, e nel 1878, poco prima dell'eruzione etnea del 1879. In queste eruzioni il gas predominante non fu l'idrogeno protocarbonato ma l'acido carbonico. Le Macalube presentano eruzioni molto più violente delle Salinelle. Nel settembre 1777, dopo muggiti sotterranei e terremoti locali, si aprì una voragine, la quale lanciava il fango con tanta violenza, da formare una colonna alta 100 piedi al di sopra del cratere: pietre d'ogni grandezza salivano violentemente entro la colonna di fango, precisamente come accade nelle vere eruzioni vulcaniche.

Altri vulcani di fango ad idrogeno protocarbonato s'incontrano presso Dembo nella Birmania, nell'isola di Giava, a Turbaco, presso Cartagena (America meridionale), nell'isola della Trinità ecc.

Tutti i vulcani di fango finora descritti sono sempre dipendenti da ammassi di bitumi e di petroli, ovvero da accumulamento di materie organiche, dalla cui decomposizione hanno origine l'idrogeno protocarbonato e l'acido carbonico che determinano le eruzioni.

Un altro gruppo di vulcani di fango, più strettamente legati ai vulcani propriamente detti, sono quelli a vapore acqueo, e ad acido solfidrico e solforoso.

Gli Ausoles, o vulcani di fango di Ahuachapam (Fig. 331) sono situati presso l'Izalco, nella republica di San Salvador. In questa regione, sopra un piano argilloso si trova un lago quasi circolare pieno di fango bollente ed in uno stato d'agitazione continua per l'enorme quantità di vapore acqueo e di gas acido solfidrico ed acido solforoso che si sprigionano da esso. Vicino a questo lago ve ne sono altri più piccoli, e s'incontrano molti conetti formati dal fango eruttato in diversi punti del suolo, dove si sprigiona il vapore acqueo.

Si trovano molti vulcani di fango a vapore acqueo in Islanda, specialmente ad est di Reykjahlid, e nell'isola Celebes, in quella di Luson, in molte isole della Sonda, nella valle di Otumaheche della Nuova Zelanda, ed infine nel Parco Nazionale degli Stati Uniti.

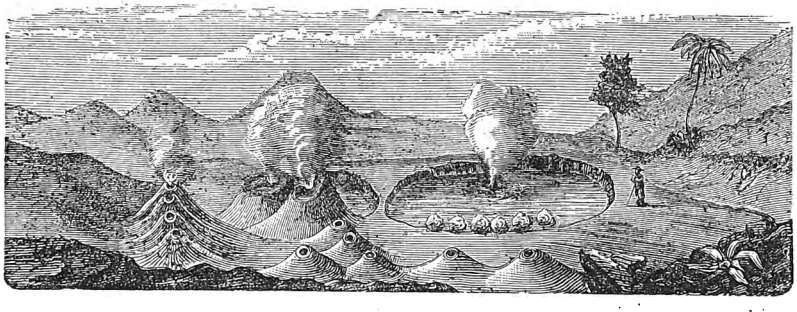


Fig. 331 — Ausoles o vulcani di fango di Ahuachapam.

18. Per mezzo dei *vulcani di fango a vapore acqueo* si passa dalle salse propriamente dette alle *stufe* ed alle *sorgenti geyseriane*.

Le *stufe* o *fumarole* sono getti o sbuffi di vapore acqueo, ora puro, ora associato ad altri gaz ovvero a sostanze solide sublimate.

Si può prendere per tipo di stufa quella di Carapiti nella valle di Otumacheche, nella Nuova Zelanda (fig. 332). Il suolo di quella valle, tutto caldo e fangoso, è disseminato di fori e crepacci, che esalano vapori. Il fango ribolle sotto l'impulso di questi e si formano qua e là vulcanetti di fango. La gran stufa, detta Karapiti, è sulla sinistra della valle. Un getto di vapore, denso, compatto esce da un foro rotondo scavato dal vapore stesso, fischiando ed urlando spaventosamente, come si sprigionasse dalla valvola di sicurezza di una caldaja a vapore portata ad altissima pressione.

I *geysers* sono sorgenti di acqua termale,

(1) CALEGARI e CANESTRINI, *Storia della Salsa di Sopra presso Sassuolo* pag. 156.

Digitized by Google

Digitized by Google

In tutto si contano circa 100 tra sorgenti zampillanti e laug nella regione Hauchadal, ed altrettanti a Reykium vicino a Reykiavik, capitale dell' Islanda. In queste regioni « il geyser, scrive Tyndall, (1) si mostra in tutte le fasi di sua esistenza, giovinezza, età matura, vecchiaja e morte. Nella giovinezza semplice sorgente termale; nella sua età matura colonna eruttiva; nella sua vecchiaja *laug* tranquillo; la sua morte infine è come registrata dagli imbuti in ruina e dalle concrezioni che restano testimoni della sua passata attività ».

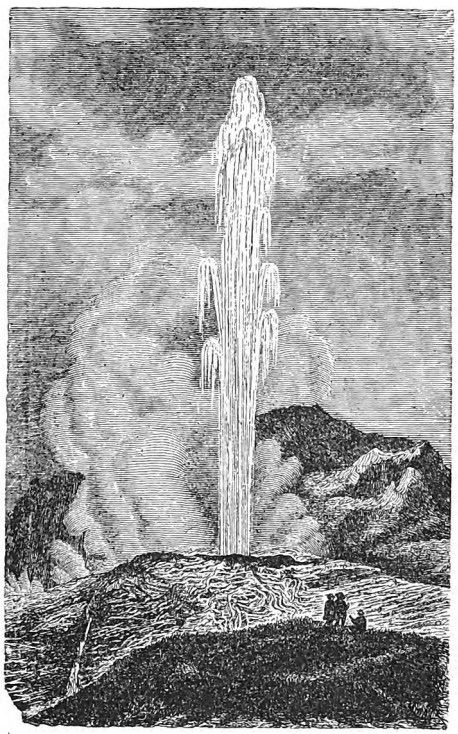


Fig. 333. — Gran Geyser in eruzione.

Per spiegare il meccanismo delle eruzioni dei geysers si sono proposte diverse teorie. La migliore è quella del Bunsen, modificata dal Tyndall.

Introducendo un termometro nell' interno della gola del Gran Geyser si ottengono i seguenti risultati (Fig. 334):

Profondità	Temp.ª	Punto d' ebolliz. alle diverse profondità.
3m.30	85°5	107°
8m.10	10°	116°
11m.	—	120°8
13m.	121°8	123°8
18m.	124°	130°
22m.50	126°	136°

(1) *La Chaleur considérée comme un mode de mouvement*, trad. par Moigno.

Dalle quali osservazioni si vede che la temperatura della colonna d'acqua, che occupa la gola del geyser, è dappertutto inferiore a quella necessaria per l'ebollizione dell' acqua nel punto corrispondente. Perciò allo stato di riposo l'acqua non si trasforma in vapore in nessun punto della gola del geyser. Ma, mentre al fondo, *F*, di questo la differenza tra la temperatura osservata e quella dell'ebollizione è di 10° e presso la sommità, *A*, è ancora maggiore, invece verso il mezzo, in *D*, tale differenza non è più che 2.° C.

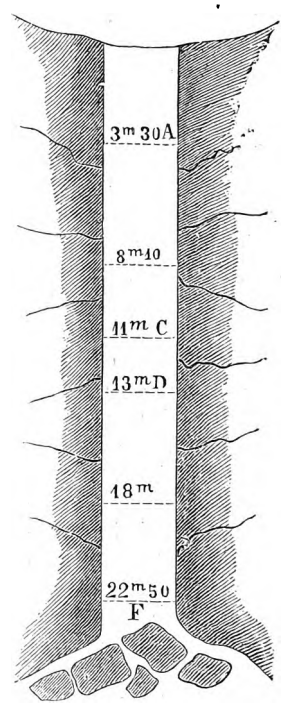


Fig. 334. — Interno del Gran Geyser, secondo Tyndall.

Orbene, arriverà un momento in cui i vapori caldi di acqua, che giungono in *F*, al fondo della gola, riesciranno a sollevare di 2 metri la colonna d'acqua, e quindi anche lo strato *D*, il quale quindi verrà in *C*, dove la temperatura d' ebollizione non è che 120° 8, cioè inferiore a quella dello strato *D* medesimo. Allora questo strato d'acqua *si risolve improvvisamente in vapore*, e tosto la vaporizzazione avviene in tutta la metà superiore della gola del geyser ed accade l'esplosione. Poco dopo torna tutto in quiete finchè l' acqua d' infiltrazione che riempie la gola non abbia raggiunto la temperatura conveniente perchè si ripeta una seconda esplosione.

In conferma di questa spiegazione, Bunsen ha verificato che, se per mezzo di corde si sospendono nella gola del geyser tre pietre: l'una in *C*, l' altra in *D* e la terza al fondo in *F*, solo la prima viene lanciata in aria al momento della esplosione.

19. Nella parte settentrionale della Nuova Zelanda, presso il vulcano attivo Tongariro, si stende una regione richissima di geysers, stufe e sorgenti termali zampillanti (1). Basti

(1) FERDINAND HOCHSTETTER, *Neu-Zeland*, 1863. — F. MARTIN, *The Geysers, Hot Springs, and Terraces of New*

Digitized by Google

dire che nella sola località detta Oracheicoraco nella valle di Vaikato (Fig. 335) se ne contano 76, e, presso il lago Rotomahana, circa 100.

Nella valle Vaichato il geyser principale è il Te-mimi-a-homaiterangi. Il suo bacino si vede d'improvviso bollire, mentre una colonna d'acqua è lanciata all'altezza di 20 piedi. Un secondo getto, alto 2 piedi soltanto, tien dietro al primo dopo 1 minuto e $^1/_2$. Due minuti più tardi il cratere imbutiforme è vuoto e non dà che fumo. In 10 minuti il bacino si riempie nuovamente di acqua alla temperatura di 94.° Queste esplosioni si ripetono ad intervalli di circa 2 ore.

Nella valle Vaikato, oltre le sorgenti geyseriane, vi hanno stagni di fango bollente, colorato in rosso dall'ossido di ferro, e vulcani

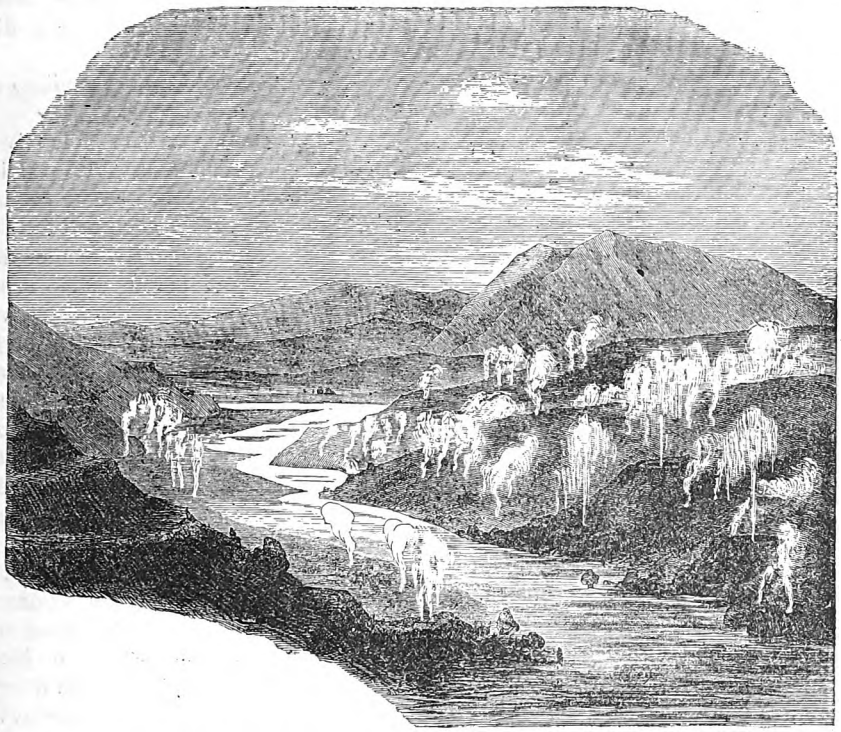


Fig. 335. — Distretto geyseriano di Oracheicoraco nella Nuova Zelanda

di fango da cui scoppiano incessanti le bolle di vapore acqueo.

Più ancora imponenti sono i fenomeni geyseriani al Rotomahana, lago di acqua calda lungo 3 miglia e largo 1. La temperatura delle sue acque è di 30.° a 40.° Quel vasto bacino è alimentato da molte sorgenti termali che vi mettono foce all'ingiro o ne sgorgano dal fondo. Meraviglioso fra queste sorgenti è il Te-ta-rata (Fig. 336), bacino crateriforme di 25 metri di lunghezza, per 19 di larghezza, e ripieno di acqua calda perfettamente chiara e limpida, d'un bellissimo azzurro, che ribolle alzandosi entro un bacino di candido cristallo, incrostato cioè dalla silice opalina. Nubi di vapori a riflessi cilestrini nuotano vorticose sopra il bacino. L'acqua nel mezzo del bacino pare che abbia costantemente la temperatura dell'acqua bollente; ma sulla sponda non raggiunge che 84.°. Riversandosi continuamente giù dal pendìo della montagna, per gettarsi nel Rotomahana, si costrusse colle proprie incrostazioni di silice una meravigliosa gradinata, che appare di bianco marmo. Dai margini prominenti dei gradini pendono graziose stalattiti, ed i piani di essi sono tempestati da limpidi stagni di acqua cilestrina. Il complesso produce l'effetto di una spumeggiante cascata, impietrita nell'atto che discende co' suoi vortici volubili. Violente eruzioni vuotano di quando in quando il bacino: ma ben presto esso si riempie di nuovo.

Zealand, in *The popular Science Review*, 1879. — W Carpenter *On the silicious and other Hot Springs in the volc. district of New Zeland, in Report of Britsh Association for the Advanc. of Sc.*, 1881.

Digitized by Google

Non lungi ferve il grande Ngahapu, profondo bacino lungo 40 piedi e largo 30, in cui ad intervalli di pochi secondi l'acqua bollente si solleva tumultuosa fino ad 8 o 10 piedi di altezza, rovesciandosi in torrenti dai suoi labbri. Più a sud il Te-tachupo lancia colonne d'acqua bollente all' altezza di 30 a 40 piedi da una vasca, che ha 10 piedi di diametro (1).

20. Da pochi anni si scoperse nell'America settentrionale una regione dove i fenomeni geyseriani si presentano in proporzioni molto più grandiose che nell'Islanda e nella N. Zelanda (2); è il *Parco nazionale* di Yellowstone, situato nelle montagne Rocciose presso le sorgenti dei fiumi Yellowstone e Madison, ambedue tributarî del Missouri, e presso le origini del fiume Snake affluente della Colombia (3).

L'Hayden distingue le sorgenti del Parco nazionale in tre categorie:

1.° le *sorgenti intermittenti*, la cui temperatura al momento della esplosione supera quella della ebollizione, e nei tempi di quiete discende fino a 66.°;

2.° le *sorgenti bollenti* o *zampillanti*, la cui temperatura è sempre quella dell'ebollizione, e che lanciano l'acqua a 2 o 3 metri di altezza per esplosioni quasi continue;

3.° le *sorgenti tranquille*, con una temperatura che varia tra 27.° ed 87.°: queste sorgenti in generale furono zampillanti in passato.

Secondo Hayden, complessivamente sono circa 3000 le sorgenti termali che vengono alla luce nel Parco nazionale.

Le sorgenti del torrente Fire-hole (*voragine di fuoco*), confluente del Madison, e quelle del lago Shoshoue (nel bacino dello Snake) sono *siliciose*, come quelle d'Islanda; invece quelle del Gardiner's River (affluente dell'Yellowstone) sono *calcaree;* infine sui fianchi del monte Washburn le sorgenti sono impregnate d'allume, di solfo, di carbonato di soda e di sal comune.

L'Hayden dà un elenco di 71 geysers esistenti nel Parco Nazionale (Fig. 337). Uno, il Giantess geyser o geyser della Gigantessa, lancia nelle sue eruzioni una colonna d'acqua di 82 metri d'altezza, un altro (il Bee Hive geyser) a 70 metri, tre a 65 metri; tutti gli altri ad altezze minori varianti tra metri 3 e metri 50. Il geyser Old Faithful (Vecchio fedele) è rimarchevole per la regolarità delle sue esplosioni, che si succedono ad intervalli di 65 minuti, e nelle quali l'altezza del getto è di 40 metri. Il geyser del Gigante invece lancia ogni 24 ore una colonna d'acqua di 60 metri d'altezza e di 2 metri di diametro.

Ma lo spettacolo più grandioso è presentato dal Giantess geyser.

« Attraversando il Fire Hole River, scrive Hayden, noi salimmo un dolce pendio che improvvisamente ci condusse in faccia ad una larga apertura ovale cogli orli fatti a festoni; i cui capi erano rispettivamente di 18 e di 25 piedi, e le cui pareti erano coperte d'un deposito silicioso bianco-grigiastro visibile distintamente ad una profondità di 100 piedi al disotto della superficie. Non potemmo vedere l'acqua, ma percepimmo il suo ribollimento ad una grande distanza sotto i nostri piedi. D'improvviso l'acqua cominciò a montare ribollendo fortemente, e mandando enormi masse di vapore, che cagionarono in noi un grande spavento ed un *salva chi può* generale. Quando l'acqua fu a 40 piedi circa dal suolo, divenne nuovamente stazionaria e noi ritornammo ad esaminarla. Essa ribolliva e spumeggiava violentemente, e lanciava di tempo in tempo dei piccoli getti d'acqua calda quasi fino all'orlo del cratere. Improvvisamente essa parve presa da una agitazione spaventosa; montò colla rapidità d'una freccia, escì dal cratere, e si alzò in colonna della dimensione stessa dell'apertura, fino all'altezza di 60 piedi, mentre che dalla cima stessa di questa colonna liquida si projettavano cinque o sei getti d'acqua meno considerevoli, varianti da sei a quindici piedi di diametro e projettati all'altezza meravigliosa di 250 piedi (circa 82 metri). Questa eruzione durò 20 minuti; e giammai assistemmo ad uno spettacolo tanto magnifico. Il sole brillava in tutto il suo splendore, e projettando i suoi raggi sopra quest'acqua, formava migliaia d' arcobaleni, la cui posizione variava costantemente, si abbassava, si elevava, nè disparivano che per essere surrogati da altri. I globuli d'acqua che ricadevano rassomigliavano ad una pioggia di diamanti, e nel momento che le nubi di vapori, intercettando i raggi solari, projettavano un' ombra sulla colonna d'acqua,

(1) HOCHSTETTER, *Neu-Zeland*, cit. in STOPPANI, *Corso di Geologia*, 1° pag. 417.

(2) Vedi HAYDEN *op. cit.* nei *Reports for* 1883 della *Geological Survey of the territoires.* — Le *Tour du Monde* Paris, 1874.

(3) Questa regione di 9259 chilometri quadrati di superficie venne nel 1872 dal governo degli Stati Uniti dichiarata *Parco Nazionale*, affinchè nessun proprietario venisse a guastarne le stupende bellezze.

Digitized by Google

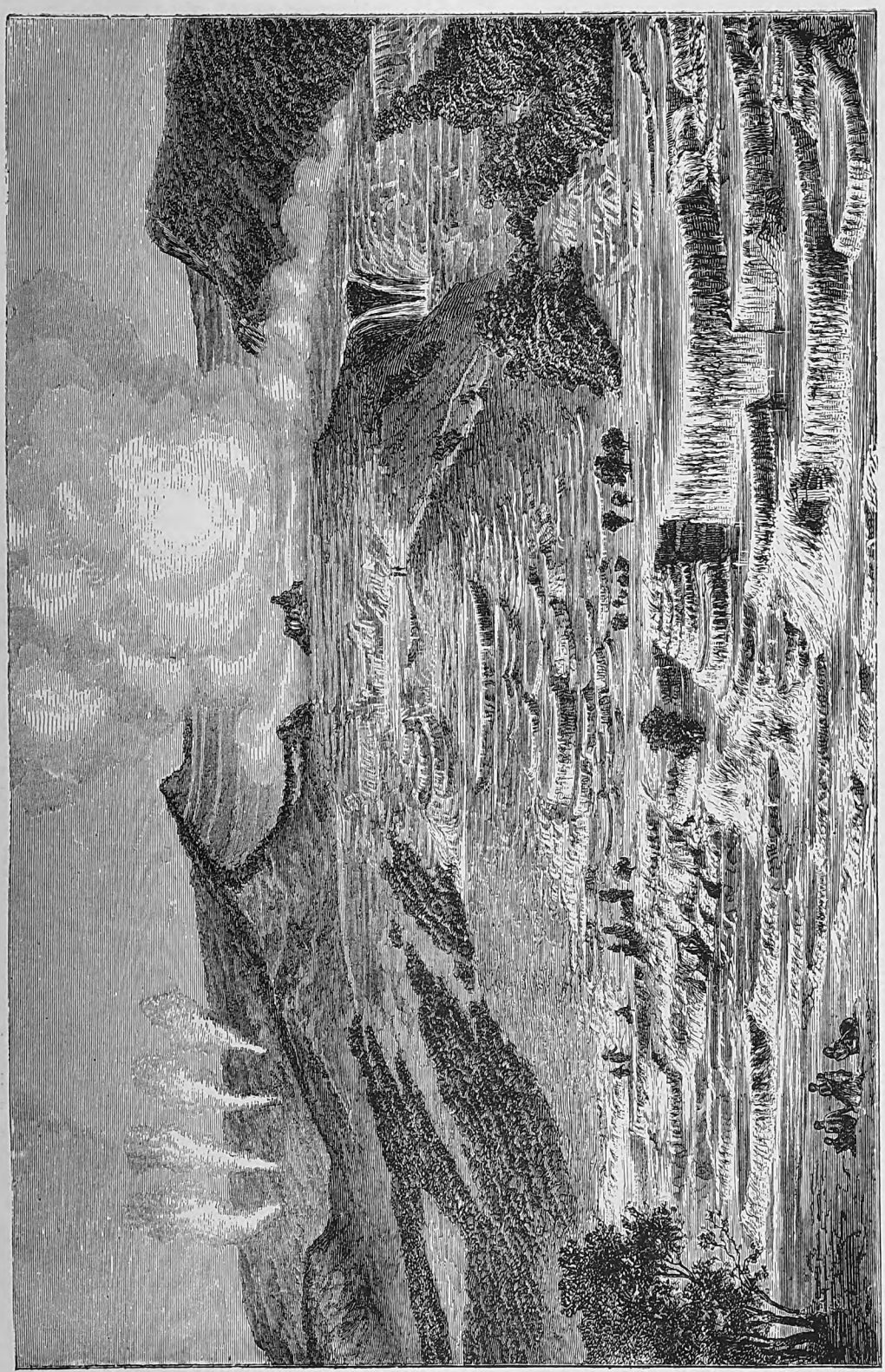


Fig. 336 — Il Tetarata nella Nuova Zelanda.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

blica dell'Equatore, nel Perù, nel Chilì, nell'Argentina, nella Patagonia non sono più molto numerose neppure le sorgenti termali.

Sono piuttosto abbondanti le sorgenti termali nell'Asia Minore, nell'India, nel Tibet (dove vi sono anche alcuni geysers) e nel Giappone.

Nell'Europa le sorgenti termali sono più numerose nelle regioni meridionali (Spagna, Francia, Italia, Grecia ecc.), dove esistono pure i vulcani attivi o quelli spenti da poco tempo.

22. In Italia (1) vi sono getti di vapore acqueo molto numerosi ed abbondanti nell'isola Pantellaria, nelle isole Eolie, nell'isola d'Ischia (2) e sopranel Volterrano, dove i *soffioni boraciferi* formano un distretto geyseriano paragonabile ai più attivi dell'Islanda e della Nuova Zelanda.

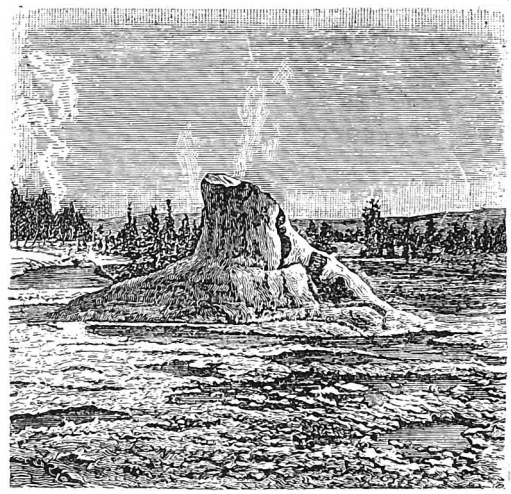


Fig. 338 — Cratere del Giant geyser in quiete (da Hayden)

Nelle parti più elevate delle valli della Cecina e della Cornia, su un'area di circa 33 miglia quadrate, erompono dal suolo parecchie centinaia di getti potenti di vapore acqueo, misto ad acido carbonico e ed acido solfidrico, non che a diverse sostanze solide volatilizzate, quali sono i solfati di ammoniaca, di magnesia, di ferro, di sodio ed una piccola quantità di acido borico.

La temperatura del vapore acqueo dei soffioni varia da 100° a 120° C.; la pressione con cui si sprigionano dal suolo giunge talvolta fino a 3 e più atmosfere. Per esempio, presso il Lago sulfureo esisteva nel 1867 un soffione, il quale lanciava in aria una colonna d'acqua di 20 metri d'altezza; ed a Travale ve n'è uno, da cui per un certo tempo si sprigionò il vapore con straordinario fragore e trascinando all'esterno circa 290000 litri d'acqua all'ora.

Per dare un'idea della grandiosità del fenomeno, dirò che i soli soffioni coltivati per l'estrazione dell'acido borico portano alla luce ogni anno circa 55.250.000 chilogrammi di materie fisse.

I soffioni presentano le così dette *emigrazioni;* ed ecco in che consistono. Ciascun soffione non ha che una vita temporanea. Dopo un tempo più o meno lungo, a poco poco si indebolisce e finisce per cessare totalmente. Allora compare un nuovo soffione in luogo non lontano e sempre in posizione più elevata. In tal modo a poco a poco tutti i soffioni d'un dato distretto emigrano dalle parti inferiori della valle verso quelle più elevate.

Per raccogliere l'acido borico dei soffioni, si costruiscono attorno ad essi dei piccoli bacini, che si mantengono ripieni di acqua. Questi bacini si chiamano *lagoni.* Il vapore del soffione, dovendo attraversare l'acqua del lagone, vi lascia tutto l'acido borico, perchè è solubile in essa.

23. Abbiamo visto che nei soffioni, nei geysers, nelle salse, insieme all'acqua vengono alla luce diversi gaz, e specialmente anidride carbonica, acido solfidrico, idrogeno protocarbonato. Orbene, questi gaz in molti luoghi si sprigionano dal terreno da soli.

I getti di sola *anidride carbonica* si chiamano *mofete;* quelli in cui predomina l'acido solfidrico si dicono *putizze;* ed infine quelli di solo idrogeno carbonato prendono il nome di *fontane ardenti.*

Tanto le mofete, come le putizze, sono frequenti presso i vulcani attivi o presso quelli spenti da poco tempo. Nei Campi Flegrei, per esempio, esistono molte mofete. La più famosa è una piccola grotta, nella quale l'anidride carbonica, che si svolge, essendo più pesante dell'aria, si accumula presso il suolo e vi forma uno strato di 3 o 4 decimetri di altezza. Per constatare la presenza di questo gaz, si suole introdurre in quella grotta un

(1) Sui fenomeni secondari dell'attività vulcanica in Italia vedi principalmente JERVIS, *I tesori sotterranei d'Italia,* Torino 1873 e G. MERCALLI, *Vulcani e fenomeni Vulcanici in Italia,* pag. 188-215.

(2) Nello scorso autunno, dopo il terremoto del 28 luglio 1883, ho enumerato nell'Isola d'Ischia 19 gruppi di fumarole, ed ho trovato che in 4 di essi il vapore acquoso si sprigionava sotto forte pressione ed a 100° di temperatura (Vedi la mia Memoria l'*Isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio* 1883, Milano, 1884).

Digitized by Google

cane, il quale, dopo pochi istanti si vede cadere asfissiato. Da questo barbaro uso venne il nome a quell'antro di *Grotta del Cane*. In uno dei crateri spenti dell'isola di Giava si svolge in grande quantità l'anidride carbonica. Quel cratere si chiama *valle del veleno*, perchè molti animali vi trovarono la morte.

Fig. 339. — Cratere del Giant geyser in eruzione (da Hayden)

Le mofete e le putizze sembrano fenomeni di poca entità, se si confrontano colla grandiosità delle manifestazioni vulcaniche; tuttavia hanno pur esse una importanza grandissima nella economia tellurica. Tutti quei potenti depositi di solfo, che formano la principale ricchezza mineraria d'Italia, sono il prodotto di antiche putizze; e gli innumerevoli ed estesi depositi di travertino, che forniscono un materiale di costruzione tanto prezioso ed abbondante, sono opera di sorgenti ricche di anidride carbonica.

Vedemmo, per esempio, quanto attualmente sia rapida e grandiosa la formazione dei tufi calcarei nel Gardiner's River al Parco degli Stati Uniti.

24. Se si riflette alla distribuzione geografica dei fenomeni geyseriani ed in genere dei fenomeni vulcanici secondarî, in confronto di quella dei vulcani, si trova che essi non si distaccano dalle zone dei vulcani attivi o dei vulcani spenti recentemente. Questo avvicinamento topografico non è casuale, ma è una conseguenza della natura dei fenomeni stessi; i quali, per quanto siano svariati nelle loro manifestazioni, pure si presentano come gradi diversi di attività dei medesimi agenti sotterranei, cioè dell'attività fisico-chimica dell'acqua e del calore.

Quanta diversità, infatti, tra una sorgente di acqua termale, che stilla da una roccia, balsamo salutare per l'uomo, ed un vulcano, che infuria, terrore di intere città! Eppure dalle acque termo-minerali si passa insensibilmente alle stufe, ai soffioni, ai geysers, ai vulcani di fango e finalmente ai veri vulcani, sempre senza alcun salto; tanto che i vulcani si potrebbero in un certo senso definire *grandi sorgenti termali zampillanti* o *stufe gigantesche intermittenti*.

Ammessi questi intimi rapporti esistenti tra i vulcani ed i fenomeni pseudovulcanici, è facile argomentare che la loro esistenza dipenderà dalle medesime condizioni endogene che sono: 1.° *l'acqua* ed *il calore*, i quali, agendo sulle rocce nell'interno della terra, preparano le lave, i fanghi eruttivi e le altre materie emesse dai fenomeni vulcanici; 2.° *le fratture sotterranee*, le quali permettono l'uscita alle materie stesse.

Quanto all'origine del calore necessario per la formazione delle lave, alcuni pensano che esso sia il residuo della temperatura altissima posseduta dalla Terra, quando, secondo la teoria di Laplace, si staccò dal sole; altri invece suppongono che sia originato dalle azioni chimiche, che si compiono su grandissima scala nell'interno del globo, ovvero dalle azioni meccaniche, cioè dagli urti e schiacciamenti che devono accompagnare i ra-

Digitized by Google

pidi e lenti movimenti della crosta della terra (1).

L'acqua necessaria per la formazione delle lave probabilmente è acqua che proviene per filtrazione, od in altro modo, dal mare. Lo si argomenta: 1.° dalla posizione dei vulcani attivi, che sono quasi tutti nelle isole o presso le coste dei continenti; 2.° dalla natura dei prodotti gazosi e sublimati delle eruzioni, e specialmente dal fatto che il vapore acqueo, che si svolge *immediatamente dalle lave, è sempre accompagnato da cloruro di sodio, da acido cloridrico* e da altre sostanze, che facilmente possono avere origine dalla decomposizione dell'acqua marina.

Abbiamo visto che le zone vulcaniche si stendono quasi tutte parallelamente al perimetro dei continenti. Questo fatto non dipende

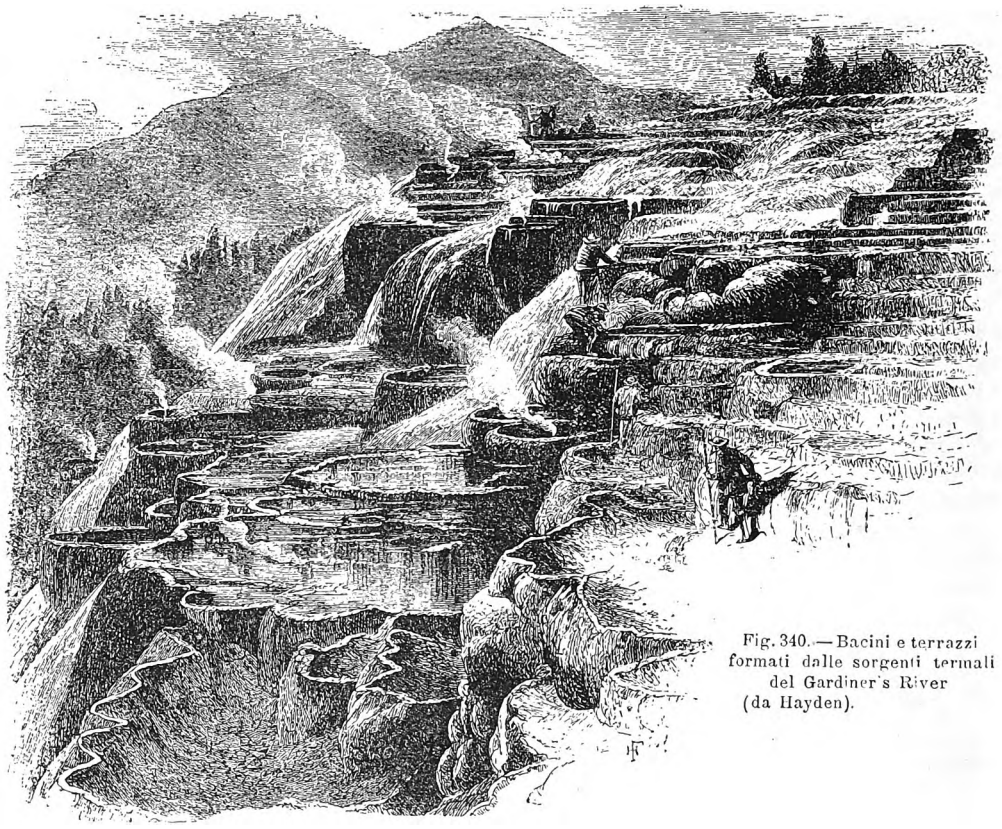


Fig. 340. — Bacini e terrazzi formati dalle sorgenti termali del Gardiner's River (da Hayden).

solo dal concorso dell'acqua marina nella elaborazione delle lave, ma anche da ciò che queste possono venire alla luce solamente dove la terra presenta estese e profonde fratture sotterranee. Poichè queste fratture, che si formarono in conseguenza del sollevamento delle aree continentali, corrono, com'è naturale, parallele al limite tra le parti emerse e le parti sommerse.

Ammesso in tesi generale che la causa prossima delle eruzioni sia la forza elastica del vapore acqueo, resterebbe ora a vedere come essa agisca nel determinare il meccanismo delle diverse sorta di eruzioni pliniane, vesuviane, stromboliane.

Si ritiene da molti vulcanologi che il meccanismo delle eruzioni stromboliane non differisca essenzialmente da quello del gran geyser d'Islanda (1). Ammesso che nell'interno della gola dello Stromboli, e degli altri vulcani in attività stromboliana esista la lava allo stato di magma acqueo-cristallino ad alta temperatura, è chiaro che nella parte inferiore della colonna lavica l'acqua potrà accumularsi e

(1) R. Mallet ritiene che, per effetto del raffreddamento, il nucleo interno e caldo della terra si contragga, e che per conseguenza la crosta si avvalli, rompendosi in grandi pezzi, i quali si urtano e si schiacciano reciprocamente; e così si sviluppa un enorme quantità di calore (Mallet-Lasaule, *Ueber vulcanische Kraft*).

(1) Vedi sopra a pag. 494, e Mercalli, *Natura delle eruzioni dello Stromboli*, ecc. negli *Atti della Società ital di Sc. nat.* an. 1881.

Digitized by Google

riscaldarsi ad una temperatura sempre maggiore quanto più profonda, o rimanendo liquida, come in una pentola di Papin, o ridotta allo stato di vapore. Ma quando il vapor acqueo, che si trova ad una certa profondità, avrà raggiunto una forza elastica, che superi la forza rappresentata complessivamente dalla tenacità e dal peso della lava sovrimcombente, non che dalla pressione atmosferica (1), accadrà una eruzione; dopo la quale ricomincerà daccapo l' accumulamento di forza elastica nelle parti profonde della massa lavica per sfogarsi poi con una nuova eruzione e così via via.

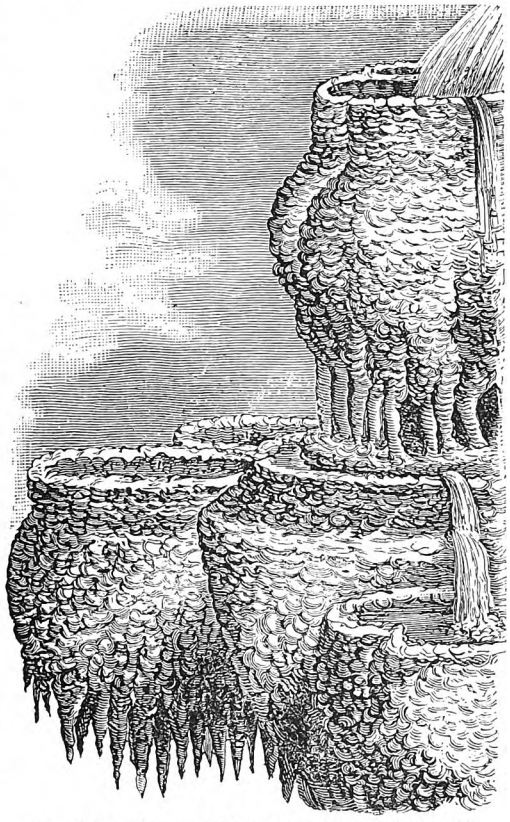


Fig. 341. — Forme dei bacini originati dai depositi calcarei delle sorgenti termali del Gardiner's River (da Hayden).

Abbiamo visto che, quando un vulcano è in attività stromboliana, può presentare brevi eccitamenti eruttivi, ovvero può dar luogo a violente eruzioni vesuviane. Mi pare che questi parosismi debbano attribuirsi a diverse cause, cioè: ad una momentanea ed accidentale ostruzione della gola del vulcano, ovvero ad una quantità molto notevole di calore e di acqua che arrivi al focolare vulcanico per nuove fessure apertesi nella crosta della terra. Che se la chiusura del vulcano è completa e prolungata, e se il calore e l'acqua si accumulano nel suo focolare in quantità straordinariamente grande, tutto è pronto perchè esso erompa in una violenta eruzione pliniana.

Secondo alcuni anche l'attrazione luni-solare e gli abbassamenti barometrici possono concorrere a determinare i parosismi stromboliani. Nell'ultima forte eruzione del Vesuvio, i due massimi del 26 marzo e del 24-26 aprile 1872 avvennero ambedue in coincidenza col plenilunio. È quindi ragionevole supporre che l'azione attrattiva luni-solare abbia influito, almeno come causa secondaria ed accidentale, a determinare il momento dell'esplosione.

(1) È evidente che una diminuzione di pressione atmosferica renderà più frequenti le esplosioni stromboliane. E ciò difatti si verifica; sicchè gli strombolesi argomentano dell'attività dello Stromboli lo stato barometrico dell'atmosfera.

Digitized by Google

CAPITOLO V.

PARTE SECONDA.

I TERREMOTI (1)

DEL PROF.

GIUSEPPE MERCALLI.

Me vero primum dulces ante omnia musae
Accipiant; cœlique vias et sidera monstrent...
Unde tremor terris: qua vi maria alta tumescant
Obicibus ruptis, rursusque in se ipsa residant.

VIRGILIO, *Georg.* II.

.....trema la Terra
Quando i vapori in sen gravida serra.

TASSO, *Gerus. lib.* IV.

1. I terremoti sono fenomeni più frequenti e più importanti di quello che comunemente si crede. Basti dire che in questi ultimi otto anni in Italia si ebbe una media di 825 terremoti all'anno, tra cui alcuni violentissimi e disastrosi, molti altri meno violenti, ma capaci di produrre lesioni negli edifici, infine il numero maggiore appena sensibili ovvero solo avvertiti dagli istrumenti sismici. E nel mio *Catalogo generale dei terremoti italiani* notai 280 terremoti rovinosi, che colpirono dall'anno 1400 al presente la nostra penisola. Se si riflette che in molte regioni del globo, per esempio nel Perù, nel Chilì, nel Giappone, i terremoti sono più numerosi o più violenti che in Italia, si vede quale importanza devono avere questi fenomeni nella economia tellurica, e quali profonde ed estese modificazioni devono apportare alla orografia ed idrografia terrestre. Poichè i terremoti violenti sono spesso accompagnati da scomparsa di sorgenti e di corsi d'acqua e dalla apparizione di acque nuove; da alterazioni nella temperatura e nella composizione chimica delle sorgenti termali e minerali, da spaccature del suolo, da grandi franamenti, da sprofondamenti, e da stabili inalzamenti del suolo.

2. I terremoti sono *movimenti rapidi e quasi istantanei del suolo.* La durata di una scossa di terremoto ordinariamente è compresa tra uno e 15 minuti secondi; rare volte raggiunge 20, 30 e fino 60 secondi. La prima scossa del grande terremoto calabro del 1783 si dice perdurasse 2 minuti primi; ma io credo che

(1) OPERE GENERALI SUI TERREMOTI. — BONITO *Terra tremante*, Napoli, 1691; — VIVENZIO, *Storia e teoria dei terremoti in generale*, Napoli, 1783; — HOFF, *Kronik der Erdbeben und Vulkanausbrüche*, Gotha, 1841; — R. MALLET, *Reports on the facts and theories of earthquakes* nei *Reports of the Britsh. Assoc. of the advanc. of Science*, 1850, 1854 e 1858; — MALLET, *Great neapolit. earthquake of* 1857, London 1862; — PERREY, *Note sur les tremblements de Terre* en 1842-1871, nel *Bulletin de l'Acad. Royal de Bruxelles* dal 1843 al 1872; — C. W. C. FUCHS, *Jährliche Uebersichten über Erdbeben*, 1873-1880; — SCHMIDT, *Studien über Erdbeben*; — HOERNES, *Erdbeben-studien*, Wien 1878; — HEIM, *Les tremblem de Terre et leur étude scient.*, Genève 1880; — M. S. DE-ROSSI, *La Meteorologia endogena*, Vol. 2, 1879-1881; — LASAULX, *Die Erdbeben* in *Handwort. der miner., geol.*, ecc., Breslau, 1883; — L. GATTA, *Sismologia*, Milano 1884.

A queste opere generali bisogna aggiungere quelle di HUMBOLDT, SCROPE, LYELL, STOPPANI, FUCHS, BOSCOWITZ, BOCCARDO, ecc. già citate nella bibliografia dei Vulcani

OPERE SPECIALI. — PERREY, *Mémoire sur les tremb. de terre de la Peninsule italique avec supp., Dyon*, 1847 — O. VOLGER, *Die Erdbeben in der Schweiz*, Gotha, 1857; — G. MERCALLI, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, Milano 1882; — CAPOCCI, *Catalogo dei terremoti avvenuti nella parte contin. del Regno delle due Sicilie*, Napoli, 1861-1863; — VIVENZIO, *Istoria dei terremoti avvenuti nella Calabria ult. nel* 1783, Vol. 2, Napoli 1788; — SARCONI, *Osservazioni fatte nelle Calabrie e nelle frontiere di Valdemone sui fenomeni del terremoto del* 1783, Napoli 1784; — L. M. GRECO, *Delle principali opere intorno ai calabri terremoti* dal 1783 al 1854; e *Degli scrittori che hanno trattato dei terremoti di Basilicata*, Cosenza; — P. SAVI. *Relazione dei fenomeni presentati dai terremoti di Toscana dell'agosto* 1846; — L. PILLA, *Istoria del terremoto che desolò la costa Toscana il* 14 *agosto* 1846; — PALMIERI e SCACCHI, *Il M. Vulture ed il terremoto del dì* 14 *agosto* 1851, Napoli 1852; — SUESS, *Die Erdbeben in südlichen Italien*, Wien. 1873; — OLDHAM, *A. Catalogue of Indian Eartquakes*, etc., Calcutta 1883; — DE-ROSSI, *Bollett. del Vulcanismo italiano*, 1874-1883. — *Transac. Seismological Society of Japan.* — È impossibile ricordare tutti i lavori monografici sui terremoti recenti di DE-ROSSI, SERPIERI, T. BERTELLI, PALMIERI, TARAMELLI, O. SILVESTRI, G MERCALLI, SEEBACH, LASAULX, G. VOM RATH, BITTNER. FALB, HANTKEN. J. LEVIS, ecc.

Digitized by Google

si tratti di due o più scosse succedutesi quasi immediatamente l'una all'altra.

La durata delle scosse è molte volte, ma non sempre, proporzionale alla loro intensità.

Un terremoto, quando lo si sente per la prima volta, produce un senso di spavento particolare, descritto molto bene dall'Humboldt: « Questo effetto, egli scrive, non proviene da ciò che appaiono davanti alla nostra imaginazione le catastrofi di cui la storia ci ha tramandato memoria. Ciò che ci sorprende si è che noi improvvisamente perdiamo la nostra confidenza innata nella stabilità del suolo. Dalla nostra infanzia noi eravamo abituati al contrasto della mobilità dell' acqua coll' immobilità della terra. Il testimonio dei sensi ci aveva sempre confermati in questa sicurezza. Ma il suolo oscilla... un solo istante basta per distruggere l'esperienza di tutta la vita. È una potenza incognita che ci si rivela inaspettatamente. La calma della natura non era che un'illusione... »

Le scosse possono essere *sussultorie, ondulatorie* e *vorticose* o *rotatorie*.

Le scosse sussultorie consistono in rapidi movimenti dal basso all'alto, seguiti da movimenti contrari dall' alto al basso. Questi movimenti possono essere *verticali* ovvero più o meno *inclinati all'orizzonte*. Nel 1797, a Riobamba, la scossa sussultoria agì come l'esplosione di una mina: i cadaveri di un gran numero di abitanti furono lanciati al di là di un torrentello, fin sopra la Culca, collina la cui altezza è di parecchie centinaja di piedi. Nel terremoto ischiano del 28 luglio 1883 una giovane abitante a Monterone di Forìo al momento della prima scossa si trovava sul terrazzo di casa sua. La casa rovinò insieme al terrazzo, ma quella giovane venne sbalzata sopra un masso situato dirimpetto alla casa, essendo interposta tra questa ed il masso una via non ristretta.

Le scosse ondulatorie consistono in un movimento laterale o di *va e vieni*, il quale è perfettamente orizzontale ovvero più o meno inclinato all' orizzonte. Nel 1692, a Port Royal nella Giamaica, le persone vennero lanciate le une contro le altre, riportandone gravi ferite. Talvolta il suolo pare proprio agitato dalle onde come un mare in tempesta, e le persone provano tutti i sintomi del *mal di mare*.

Le scosse ondulatorie presentano una certa *direzione*, che si determina riferendola ad un punto dell' orizzonte. Spesso accade che nel medesimo luogo si succedono due scosse ondulatorie perpendicolari tra loro; una, per esempio, nord-sud e la successiva est-ovest.

Nei terremoti violenti, oltre i sussulti e le ondulazioni, si osservano anche *movimenti rotatorî*. Durante la scossa sentita a Casamicciola nel 3 agosto 1883 alcune persone sentirono muoversi il suolo sotto i piedi in direzione curvilinea. Nel grande terremoto calabro del 1783 due obelischi, che stavano dinnanzi al convento di San Bruno, si spostarono nel modo rappresentato dalla Fig. 342. Il piedestallo di ciasun obelisco rimase a suo posto;

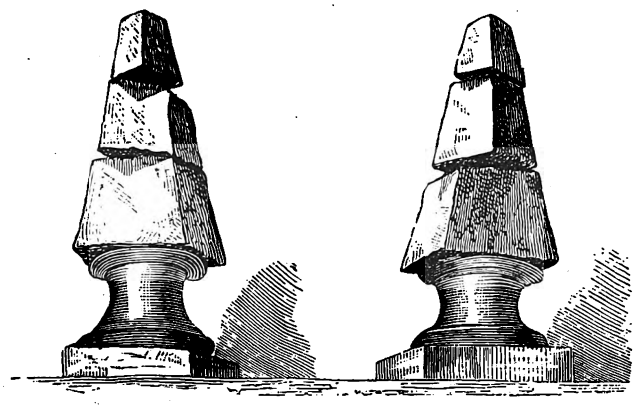


Fig. 342. — Effetto delle scosse rotatorie sugli obelischi di San Bruno, in Calabria.

invece le pietre separate a cui esso serviva di appoggio girarono sopra sè stesse in diversi sensi.

I sismologi moderni convengono quasi tutti nell'ammettere che i movimenti rotatorî degli oggetti sulle proprie basi non dipendono da un movimento vorticoso del suolo, ma dal modo speciale con cui agiscono sopra di essi i movimenti rettilinei. Secondo il professore Serpieri, il moto rotatorio può avvenire per effetto di moti diversi simultanei, che provengono da spinte variamente dirette, succedentesi a brevissimi intervalli, sicchè gli oggetti già squilibrati e vacillanti per la prima spinta, dovendo d'un tratto cambiare il piano di oscillazione, si spostano sulle medesime basi, e ruotano intorno a quei punti, che oppongono resistenza maggiore; così anche in oggetti vicinissimi e per identiche scosse possono avvenire rotazioni in senso contrario (1).

(1) Serpieri, *Il terremoto di Rimini del marzo* 1875, p. 9 e 10.

Digitized by Google

Quanto alla intensità, le scosse possono variare da quelle *leggerissime*, non percettibili se non con delicati istrumenti, a quelle *disastrose*, che schiantano dalle fontamenta i più solidi edifici (1).

3. Per determinare con precisione l'ora, la direzione, la durata ed altri elementi di una scossa, si sono costruiti degli istrumenti chiamati *sismometri* (2). Già in antico, nei paesi più colpiti dai terremoti si avevano sismometri più o meno grossolani. I Giapponesi, per esempio, disponevano sopra una lastra risonante di tam-tam una calamita, perchè sapevano per esperienza che al principio del terremoto la calamita si stacca e cade sul tam-tam, dando il segnale della scossa.

A Cosenza le monache tenevano un piccolo apparecchio consistente in una palla collocata in bilico, che si spostava ad ogni lieve scossa.

Nei tempi moderni si inventarono moltissimi delicati ed eleganti sismometri, alcuni destinati a registrare le scosse ondulatorie, altri quelle sussultorie. Tra i primi citerò il *sismometro economico* del padre A. Serpieri (Figura 343). La prima parte dell' istrumento è una palla, appesa ad un filo metallico (lungo centim. 135), al punto più basso della quale è infissa una punta verticale, immersa per poco in uno strato orizzontale di polvere di licopodio. All'intorno, concentricamente alla palla, stà un cerchio orizzontale fatto con sottile lastra metallica piegata in giro, come il cerchio di uno staccio.

L'orlo superiore del cerchio è circa 4 centim. più alto del livello del centro della palla. Su quel cerchio sono fatti dei piccoli incavi semicircolari nelle direzioni dei diametri, che vanno da nord a sud e da ovest ad est, ed anche, se si vuole, nei punti intermedi.

Sulla palla sta stretto ed aderente al suo equatore un sottilissimo cerchietto, od *anello*, fatto con filo metallico. Quattro od otto verghette metalliche si appoggiano con una loro estremità su questo anello equatoriale, e dall'altra parte riposano, semplicemente appoggiate, negli incavi del cerchio orizzontale, sporgendo per buon tratto al di fuori del medesimo, e restando press'a poco orizzontali. Nel tratto esteriore portano infilata una pallina di piombo che fa da contrappeso. Bisogna regolare quei pesini di piombo, scorrevoli a sfregamento duro sulle verghette, portandoli in tal punto che la verghetta tenda a cadere in dentro per piccolissimo eccesso di peso dalla sua parte interiore; sicchè quando fosse

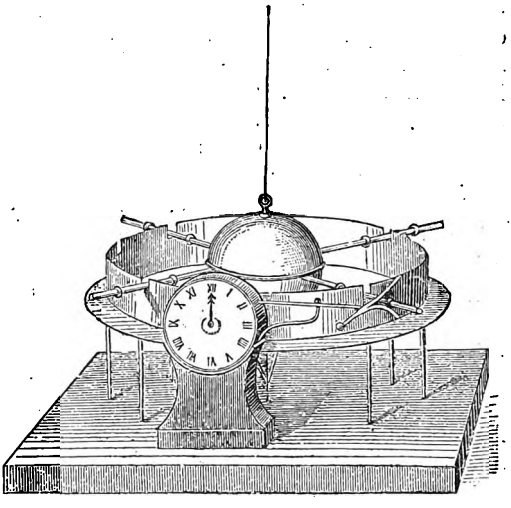


Fig. 343. — Sismometro del padre A. Serpieri.

spinta fuori anche di pochissimo, allora avesse invece a cadere di fuori.

Ciò premesso, ecco come funziona l'istrumento. Se la terra è mossa da ovest da est, o, che è lo stesso, se la palla viene da est ad ovest, la verghetta appoggiata sull'incavo di ovest, si rovescia al di fuori, e la verghetta di est, perduto l'appoggio nell'anello equatoriale, si rovescia di dentro, perchè il peso della sua parte interiore prevale un poco sul peso della sua parte esteriore. Intanto le due verghette laterali di nord-sud devono cadere pur dentro. Dunque la verghetta rovesciatasi fuori dirà che da quella parte, da cui ella cadde venne la prima onda sismica: e la caduta all'interno della verghetta opposta confermerà la direzione della scossa.

Per avere l'ora della scossa le cose sono disposte in modo che una delle verghette, ca-

(1) Nel mio *Catalogo dei terremoti italiani* ho adottata la seguente scala di intensità sismica: *Scossa leggerissima* = avvertita solo dagli istrumenti sismografici, ovvero da alcune persone in quiete.

Scossa leggera = avvertita da parecchi o da molti non però universalmente.

Scossa mediocre = avvertita generalmente con tremito d'infissi, di cristalli e suono di qualche campanello.

Scossa forte = avvertita con suono generale di campanelli, oscillazione delle lampade, arresto d'orologi.

Scossa fortissima = con caduta di calcinacci e di qualche fumajolo; lesioni nei fabbricati, suono delle campane da torre.

Scossa rovinosa = con caduta parziale o totale di qualche edificio.

Scossa disastrosa = con rovina di molti edifici e vittime umane.

(2) Da σεισμός, *terremoto*.

Digitized by Google

dendo, mette in moto un orologio, per mezzo di una leva (1).

Per registrare i moti sussultori si sono costruiti gli *ortosismometri*. Quello del padre Bertelli consiste in una lunga spirale contenuta in un tubo, terminata da un peso. Ad ogni movimento sussultorio, l'elasticità della spirale lascia ballare il pendolo, che, urtando contro alcuni indici li sposta, e la estensione dello spostamento segna l'intensità della scossa.

Il prof. Palmieri, il padre T. Bertelli, il prof. M. S. De Rossi, il p. Serpieri, il p. Cecchi e tanti altri illustri sismologi italiani inventarono in questi ultimi anni un gran numero di istrumenti sempre più perfetti per le osservazioni sismiche. Tra questi ricorderò i *tromometri*, cioè quei sismometri tanto delicati che segnano i più piccoli movimenti del suolo, impercettibili affatto ai sensi, denominati *movimenti microsismici*.

4. Il padre Timoteo Bertelli nel 1870, osservando attentamente il pendolo di un sismometro, notò nel medesimo piccolissime e frequenti oscillazioni senza che nei dintorni si fosse avvertita la più lieve scossa di terremoto. Per accertarsi che questi minimi movimenti del pendolo erano veramente di origine endogena, egli cercò di eliminare ogni causa di errore col perfetto isolamento e con una opportuna collocazione dei pendoli, onde proteggerli dalle vibrazioni provenienti dai movimenti locali dell'edificio. Di più, ebbe la felice idea di applicare alle osservazioni dei piccoli movimenti pendolari un microscopio munito di scala micrometrica all'oculare. Un pendolo molto lungo ed un microscopio: ecco le due parti essenziali del *tromometro*, col quale i moderni sismologi studiano i movimenti insensibili e microscopici del suolo.

Nel 1878, appena i giornali ci portarono dall'America la scoperta del microfono, il prof. M. S. De Rossi di Roma pensò di applicarlo alle osservazioni dei suoni sotterranei di origine sismo-vulcanica non percettibili ai sensi. Fece le sue prime esperienze collocando il microfono in una grotta sotterranea a Rocca di Papa, in condizioni tali da sottrarlo più che fosse possibile all'azione dei suoni, che per mille cause diverse si producono alla superficie della terra. Trovò che i suoni dati dal microfono erano di cinque sorta: *rulli*, *crepiti*, *fremiti*, *scoppi isolati*, o *di moschetteria*, e *suoni metallici* o *di campana*. Con accurati esperimenti constatò che le prime due sorta di suoni potevano essere cagionati anche dai rumori esterni ed artificiali; i fremiti invece e gli altri suoni non potè ottenerli, se non facendo esplodere dalle mine in un altro sotterraneo lontano dal luogo, dove stava il microfono; ovvero stropicciando fra loro i fili conduttori nella stessa maniera, con cui le rocce debbono urtarsi a vicenda per effetto dei terremoti. Concluse quindi che questi suoni sono di origine endogena; come venne poi meglio dimostrato posteriormente dal medesimo prof. De Rossi, il quale constatò che, al momento di piccole scosse di terremoto, si riproducono molto distintamente i rumori microfonici delle ultime tre qualità; e, avendo portato il microfono alla Solfatara di Pozzuoli, avvertì forti *fremiti* con ogni maniera di *scoppi di moschetteria*, *sibili*, *soffi*, ecc.

Queste interessanti osservazioni del De Rossi mostrano adunque che il microfono è destinato a servire come un vero *ascoltatore endogeno*, col quale i sismologi possono scrutare i fenomeni interni della macchina terrestre, come i medici con istrumenti analoghi scrutano quelli dell'organismo umano.

5. Raramente avviene che un terremoto molto violento non sia preceduto da scosse minori o seguito da repliche più o meno numerose. Nel 1783 in Calabria si contarono 950 scosse; a Siena nel 1697-1698 se ne numerarono circa 200; ad Aquila nel 1703 se ne contarono 160: nel 1457 a Città di Castello (Umbria) in 24 ore si succedettero 125 scosse.

Quanto all'intensità relativa delle repliche, si può stabilire che la scossa di *forza massima* è quasi sempre la prima od una delle prime; e che ad essa seguono le repliche con intensità, in generale, decrescente, alternanti con qualche scossa di grande intensità, ma non *massima*.

Spesso si osservò che le repliche si succedono con un certo ritmo, ch'io paragonai al ritmo con cui si succedono le esplosioni nelle eruzioni stromboliane (1). Per esempio a Nocera, in Umbria, le scosse replicarono di minuto in minuto per due ore. Nel 1858 in febbrajo, a Lagonegro, le scosse replicarono ad intervalli di 1 o 2 ore, e nel 1865 nel 22 febbrajo a Briatico il suolo vibrava ogni 2 o 3 secondi.

(1) A. SERPIERI, *Sul terremoto avvenuto in Italia il 12 marzo* 1873, p. 37.

(1) MERCALLI, *op. cit.*, p. 312.

Digitized by Google

6. La grandezza dell'area di un terremoto dipende da diverse cause che sono 1.° la profondità del centro; 2.° l'intensità dell'urto originario; 3.° le condizioni del terreno circostante rispetto alla trasmissione del movimento sismico.

Si chiama *centro* di un terremoto quel punto dell'interno della terra donde parte l'urto primitivo, che, propagandosi fino alla superficie del suolo, cagiona il terremoto. Dicesi poi *epicentro* o *centro superficiale* il punto della superficie terrestre situato verticalmente sopra il centro.

Imaginiamo che il centro di un terremoto sia in A (Fig. 344); e che x y rappresenti una porzione della crosta della terra, che per la sua piccolezza possiamo considerare come piana. Dal centro A il movimento sismico si propagherà in tutti i sensi nella massa solida della terra (che per un momento supponiamo omogenea nel luogo che si considera), formando delle *onde sferiche longitudinali* nelle quali il movimento vibratorio delle molecole si compie in una direzione perpendicolare alla superficie dell'onda ossia nella direzione della propagazione. Siano Aa, Ab, Ab' Ac Ac' Ad, Ad', alcune delle

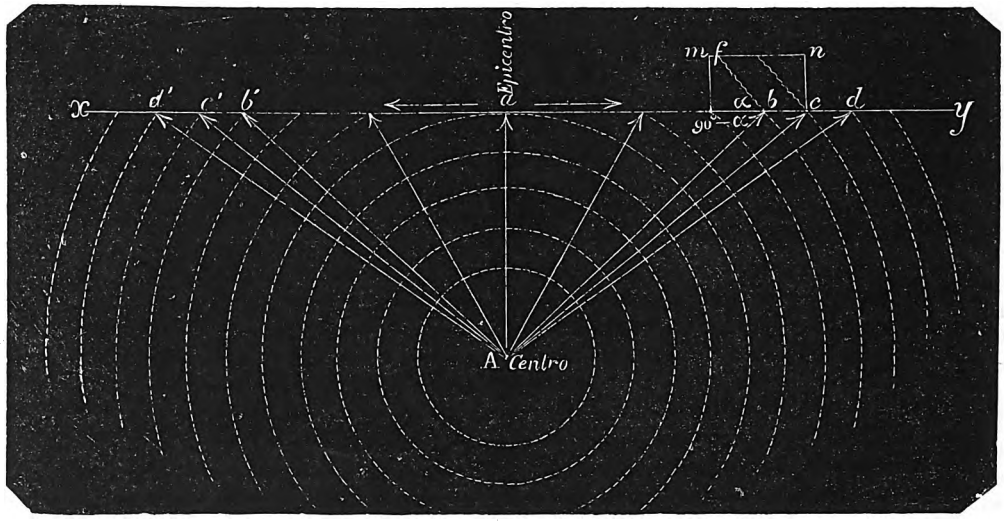


Fig. 344.

direzioni, secondo le quali si propaga il movimento vibratorio da A, e sia Aa perpendicolare ad yx, od in altre parole sia a l'epicentro. Allora è evidente che l'urto sismico partito da A arriverà in a prima di giungere agli altri punti, e vi arriverà con forza maggiore che in questi, e determinando un movimento esclusivamente *verticale-sussultorio*.

I punti b, c, d, b', c', d' della superficie della Terra riceveranno il movimento vibratorio longitudinale mano mano più tardi, più debole e con direzione meno inclinata all'orizzonte, ossia sotto un *angolo d'emergenza* (1) sempre più piccolo. È evidente che il movimento che avverrà nei punti, d, b, c ecc. non sarà nè decisamente sussultorio, nè decisamente orizzontale ossia ondulatorio ma inclinato all'orizzonte d'un angolo, eguale all'angolo d'emergenza. Questa forza, che urta il suolo sotto un certo angolo, potrà in determinate circostanze scomporsi in due movimenti uno orizzontale e l'altro verticale.

I punti a, b, c, d ecc. scossi nel modo ora accennato diventeranno alla loro volta centro di scuotimento alla superficie del suolo. Specialmente dall'epicentro si propagherà in tutti i sensi il movimento sismico orizzontale ossia ondulatorio.

Dunque ai punti b, c, d ecc. lontani dall'epicentro arrivano due movimenti sismici: uno è quello che proviene dal *centro* in direzione inclinata all'orizzonte, ed è misto di sussulto e di ondulazione — e questo sarà il primo — l'altro è il movimento ondulatorio proveniente dall'*epicentro*.

Fin qui ho supposto che dal centro di scossa non parta che l'onda longitudinale; ma Fresnel e Cauchy (1) hanno dimostrato che,

(1) Angolo che fa coll'orizzonte la direzione, secondo cui arriva a ciascun punto della Terra il movimento vibratorio longitudinale. Nella fig 344 l'angolo d'emergenza nel punto b è abA ossia $90° - \alpha$.

(1) WERTHEIM, *Sur la propagation du mouvement dans les corps solides* negli *Annal. de Chimie et Physique*, Ser. III, T. 31.

Digitized by Google

quando un urto si propaga in una massa solida omogenea, si produce, oltre l'onda longitudinale, anche un *onda trasversale* nella quale il movimento vibratorio ha luogo parallelamente alla superficie dell' onda, ossia perpendicolarmente alla direzione della propagazione.

L'onda longitudinale, secondo Wertheim, si propaga con una velocità doppia di quella dell'onda trasversale.

L'onda trasversale produrrà, a mio modo di vedere, tre effetti: 1.° essa arriverà all' epicentro dopo quella longitudinale e vi determinerà un movimento orizzontale-ondulatorio; 2.° nei punti fuori dell'epicentro l'onda trasversale determinerà un movimento normale a quello suscitato dall' onda longitudinale, ossia si succederanno nel medesimo luogo movimenti sismici perpendicolari tra loro, come difatti si verifica (1); 3.° molto lontano dal centro (dove l'onda longitudinale produce un movimento quasi orizzontale), l'onda trasversale produrrà un movimento sussultorio, quasi verticale-sussultorio. In questo modo si spiega perchè talvolta accada che lungi dall'epicentro il moto sussultorio segua invece di precedere quello ondulatorio.

Abbiamo supposto che la crosta terrestre, in cui si propaga il movimento sismico, sia omogenea; ma in realtà essa non lo è, perchè risulta da rocce di natura molto diversa, interrotte da fessure, da spaccature, da caverne sotterranee. La propagazione del movimento sismico verrà quindi notevolmente disturbata e modificata. A questo proposito, mi pare si possano stabilire i seguenti principii:

1.° Quando il moto sismico passa da una roccia poco elastica ad un altra notevolmente più elastica, parte del movimento *si riflette*, secondo le leggi generali della meccanica, ossia facendo un angolo d'incidenza uguale all'angolo di riflessione; e parte continua nel nuovo mezzo, ma *rifrangendosi* ossia cambiando direzione, e propagandosi con una velocità maggiore. A me pare che di questi fenomeni di riflessione e di rifrazione si deve tenere calcolo specialmente nello studio dei terremoti di quelle regioni nelle quali alternano fra loro, a poca lontananza, rocce molto diverse per elasticità e densità, come sono, per esempio, i basalti in confronto dei tufi pomicei e delle marne. I punti, ove esistono interposte ai tufi masse basaltiche profonde ed estese, diventeranno altrettanti centri sismici secondarî, alla stessa maniera che, nel fenomeno dell'eco, l'ostacolo riflettente diventa un centro fonico secondario.

2.° Quando il movimento sismico incontra una roccia poco elastica, esso in parte verrà estinto, ed in parte si propagherà nel nuovo mezzo con moto lento ed irregolare. Se la roccia poco elastica è di molto spessore, potrà impedire totalmente, o quasi, il movimento sismico al di là di essa. Questa è una delle cause, per cui l'area di un terremoto diventa talvolta assai allungata e quasi lineare.

3.° Le spaccature e le cavità sotterranee impediscono la trasmissione del movimento sismico.

Da questi principî segue che l' area di un terremoto non sarà mai esattamente circolare come dovrebbe essere, se la Terra fosse un corpo solido perfettamente omogeneo. Anzi può accadere che da un lato la trasmisssione del movimento sismico sia quasi totalmente impedita da una grande spaccatura sotterranea, ovvero da una formazione non elastica (per esempio, sabbia, pozzolana ecc.) di grande spessore, la quale estingua tutto o quasi tutto il movimento. Se la causa, che impedisce la propagazione delle onde sismiche da una data parte, agisce sopra un' estensione lineare molto grande, allora il terremoto alla superficie della Terra si propaga quasi esclusivamente in una sola direzione, e prende la forma di *terremoto lineare*.

Frequentemente l'area dei terremoti è *ellittica* ossia tiene il mezzo tra la forma circolare e quella lineare.

La forma ellittica o lineare dell'area di un terremoto può dipendere anche da un' altra causa, cioè dalla forma lineare del centro. Se, per esempio, il centro risiede in una frattura sotterranea più o meno lunga, la quale venga urtata contemporaneamente in diversi punti, allora il terremoto avrà pure un *epicentro* lineare od ellittico.

(1) Il prof. De-Rossi ed il padre Serpieri trovarono che in molti terremoti si succedettero nel medesimo luogo, a breve distanza di tempo, due scosse ondulatorie normali tra loro. Il De-Rossi spiega questo fatto ammettendo « che allo scuotimento d'una linea di frattura segua l'ondulazione dei suoi labbri, » e che le scosse ondulatorie, ortogonali tra loro, osservate in un dato luogo, debbano essere una parallela e l'altra normale alla frattura sotterranea più vicina. Ammetto che ciò possa verificarsi per le località prossime ad una frattura sotterranea, quando in essa risieda il centro del terremoto. Ma anche in questo caso ritengo che, finchè non sia dimostrata falsa la legge del Wertheim, che l' onda longitudinale suscita nei solidi un' onda trasversale, sia meno ipotetico attribuire le scosse sismiche normali al succedersi di queste due onde. Questo modo di spiegare l'origine delle scosse ondulatorie normali, che si succedono in un medesimo terremoto, è accennato, sebbene poco chiaramente, dal Lyell (*Principes de Géol.*, II° pag. 178, trad. par Ginestou).

Digitized by Google

Gli ostacoli, che più frequentemente si oppongono alla propagazione delle onde sismiche, sono le grandi catene di montagne. I terremoti, che affliggono tanto spesso le coste occidentali dell'America meridionale, o non passano ad oriente delle Ande, ovvero vi arrivano, ma assai affievoliti.

Non sono tuttavia rari i terremoti che oltrepassarono grandi catene montuose. Per esempio, si sentirono contemporaneamente a nord ed a sud delle Alpi i grandi terremoti dell'801, del 1117, del 1222, del 1349.

Ho detto che l'estensione dell' area di un terremoto dipende non solo dalla *profondità del centro di scossa,* ma anche dall'*intensità dell'urto originario.*

Se il centro è molto profondo, si potrà avere un terremoto estesissimo, sia quando l'intensità è grande, sia quando è piccola. Invece, se il centro è poco profondo, allora le onde longitudinali provenienti direttamente da esso non possono propagarsi se non ad un'area ristretta, perchè il loro angolo d'emergenza decrescerà rapidamente, e presto diventerà nullo. In ogni modo, in ambedue i casi, le onde sismiche che partono dal centro superficiale si propagheranno fino ad una lontananza proporzionale alla intensità.

Ciò premesso, si vede, per esempio, che il terremoto del 16 novembre 1881, il quale venne sentito in tutta Italia ed anche al di là delle Alpi, senza che in nessun luogo avesse una intensità considerevole, deve avere avuto il centro ad una grande profondità; invece le scosse disastrose, che nel luglio 1865 atterrarono tutte le case del paesello di Fondo di Macchia, sul fianco orientale dell'Etna, senza che fossero neppure avvertite a Catania, devono essere partite da un centro situato a piccola profondità sotto il suolo.

7. Modernamente si sono proposti diversi metodi per trovare con una certa precisione la profondità del centro. A questo scopo bisogna prima determinare la posizione esatta del centro superficiale ossia dall'epicentro.

Ecco, per esempio, in qual modo io ho trovato il centro superficiale del terremoto d'Ischia del 28 luglio 1883 (1). Determinai colla maggiore esattezza possibile le direzioni (2), secondo le quali si sentirono le scosse ondulatorie nelle diverse parti dell'isola.

Tracciai sopra una carta topografica dell'isola d'Ischia le 46 direzioni trovate; e vidi che circa $^3/_4$ di esse vanno tutte ad intersecarsi su di una piccola area elittica che passa per la parte più occidentale di Casamicciola. Conclusi quindi che ivi è l'epicentro del terremoto, e che il centro dev' essere situato nell'interno della terra verticalmente al disotto di questo punto.

Trovata in tal modo la posizione del centro, passai alla parte più difficile del problema cioè alla determinazione della sua profondità.

Conformemente ai principî sopra stabiliti, il centro del terremoto ischiano del 28 luglio dev' essere a piccola profondità, poichè le scosse, quantunque violentissime, si propagarono sensibilmente solo a poca lontananza dal centro. Per trovare con qualche approssimazione questa profondità, applicai il metodo proposto da R. Mallet nel suo classico studio del grande terremoto napoletano del 16 dicembre 1857.

Questo metodo è basato sul principio *che le fratture nei muri degli edificî o nel suolo risultano perpendicolari alla direzione secondo la quale il movimento sismico emerge dalla terra.* Sia per esempio, *fb* una frattura apertasi in un muro *mn* al momento del terremoto (Fig. 344). Si misuri l'angolo *fba* che questa frattura fa coll'orizzonte e sia, per esempio, di 45°. È evidente che l'angolo *abA*, ossia *l'angolo d'emergenza* della scossa nel punto *b*, sarà pure di 45°, ed in generale sarà complementare del primo, cioè se il primo è α il secondo sarà $90° - \alpha$. Allora nel triangolo *Aab*, che è rettangolo in *a*, conoscendosi il valore dell'angolo acuto *abA* ed essendo noto il cateto *ab*, il quale è la distanza del punto *b* di osservazione dall' epicentro, si sa dalla geometria elementare che si ha la relazione

$$aA = ab \times \text{tang } abA$$

ossia il cateto *aA*, che rappresenta la profondità del centro, è uguale all'altro cateto *ab* moltiplicato per la tangente dell' angolo adiacente, che è poi l' *angolo d' emergenza* dell'onda sismica nel punto *b*.

Studiando le rovine del terremoto ischiano del 28 luglio, determinai 5 angoli d'emergenza in cinque località distinte dell'isola, e da essi dedussi, per mezzo della formola precedente, che il centro del terremoto deve essersi trovato ad una profondità compresa tra metri 669 e metri 1732. Facendo poi la media delle

(1) Vedi la mia Memoria intitolata: *L'isola d'Ischia ed il terremoto del 28 Luglio* 1883, Milano in 4° pag. 56 con 3 tav.

(2) In generale, ho dedotta tale direzione dal modo con cui son caduti gli oggetti; poichè è evidente che, se un oggetto, per esempio un candeliere, è caduto a terra da nord verso sud, dev'essere stato urtato da un scossa di nord sud o più probabilmente di sud-nord.

Digitized by Google

cinque osservazioni, trovai 1200 metri di profondità.

Dallo studio di altri terremoti Mallet, Secbach ed altri giunsero ai seguenti risultati:

	profondità del centro
Terremoto renano del 1845 . . .	38806 metri
» di Germania nel 1872 .	17956 »
» di Herzogenrath del 1878	11130 »
» napoletano del 1857 .	10667 »

Come si vede, queste profondità sono tutte molto maggiori di quella trovata da me per il terremoto ischiano del 28 luglio; ma si rifletta che quest' ultimo è un terremoto accaduto sul fianco d'un vulcano semi-attivo, nell'interno del quale è naturale che i magma lavici in formazione si alzino per la gola centrale o per le fratture laterali fino a portarsi assai vicino alla superficie del suolo. Del resto ho già detto che la ristrettezza dell'area colpita dal terremoto del 28 luglio fa pure argomentare la piccola profondità del centro.

8. Se la crosta della Terra fosse costituita da rocce omogenee, e non presentasse accidenti orografici ed interruzioni, la forza di un terremoto ed i danni che esso cagiona sarebbero massimi all'epicentro, e poi dovrebbero andar regolarmente decrescendo mano mano che si va lontano da esso. Ma invece la natura litologica del suolo, la orografia, le fratture e le cavità sotterranee fanno sì che questa legge in generale non si verifichi. Nel terremoto ischiano del 28 luglio, per esempio, si videro luoghi vicini al centro sismico quasi incolumi, ed edificî relativamente molto lontani sfracellati. I *danni furono massimi a*) dove le case si trovavano su terreno in pendio e costituito da rocce poco omogenee e poco consistenti; *b*) dove arrivarono, oltre le onde sismiche dirette, quelle riflesse dalle masse rocciose molto elastiche (le trachiti). I danni invece *furono minimi* nei fabbricati situati in piano su rocce compatte e specialmente sulle trachiti. A parità di altre circostanze, soffrirono relativamente poco i luoghi separati dal centro sismico dalle fratture radiali dell'Epomeo; poichè è noto che le interruzioni ed i vuoti sotterranei interrompono più o meno notevolmente la trasmissione delle onde sismiche.

Simili sono le conclusioni a cui arrivò Leopoldo Pilla collo studio della distribuzione dei danni nei terremoti calabri del 1835 e 1836 ed in quello toscano del 1846. Egli, infatti, trovò che, a parità di altre circostanze, le scosse cagionarono maggiori disastri nei paesi situati sopra rocce friabili e cedevoli del terreno quaternario o del terziario recente; principalmente se collocati sopra poggi più o meno elevati, invece di trovarsi in estese pianure.

Nel Perù ci sono luoghi sempre rispettati dai terremoti, sebbene circondati da località da essi colpite molto frequentemente. I Peruviani chiamano quei luoghi *ponti*. Probabilmente l'incolumità di questi *ponti* si deve a vaste cavità sotterranee, ovvero a rocce molto omogenee ed elastiche.

9. I terremoti sono accompagnati, preceduti ovvero seguiti da fenomeni di ordine meccanico, e di ordine fisico o fisiologico.

In generale, i terremoti sono accompagnati da rumori sotterranei, i quali vengono paragonati allo *scorrere di carri pesanti*, a *lontane cannonate*, a *scariche di moschetteria*, all'*esplosione di una mina*, a *tuoni*, a *boati*, a *muggiti* ecc. I suoni sotterranei sono assai forti e di svariata natura presso l'epicentro: lontano da esso invece, in generale, non si sente che il *rombo* generato dalla vibrazione degli strati terrestri attraverso ai quali l'onda sismica si propaga.

I suoni sotterranei ora precedono immediatamente o quasi le scosse; ora invece sono contemporanei o posteriori ad esse. Il primo caso è il più frequente ed anche il più importante, perchè talvolta il suono precede la scossa di un tempo sufficiente, per permettere all'uomo di porre in salvo la propria vita fuggendo dalle abitazioni. Ciò accadde in Calabria citra il 4 ottobre 1874. Anche a Casamicciola, circa 10 minuti prima della scossa disastrosa del 28 luglio 1883, si sentì un rombo sotterraneo, sicchè alcuni escirono dalle loro case per avvertire i vicini.

Altri fenomeni fisici che spesso precedono ovvero accompagnano i terremoti sono: 1.° *perturbazioni magnetiche* degli aghi calamitati: 2.° *meteore luminose* (cioè, lampi, luci aurorali, aurore boreali, fiammelle luminose o fuochi di Sant Elmo ecc.); 3.° *nebbie secche, temporali e tempeste* con molti tuoni e molta grandine.

Modernamente si istituirono apposite e delicate esperienze sismoelettriche dal padre Secchi, dal Palmieri, dal Ragona, dal Serpieri e da altri. Il prof. Ragona, dietro molte ed accurate osservazioni, concluse che *i terremoti sono accompagnati da poderose correnti elettriche dirette dalla Terra all'atmosfera.*

Digitized by Google

A queste correnti elettriche il Serpieri ed altri sismologi attribuiscono tutti quei fenomeni fisiologici, per quali spessissimo gli animali mostrano di presentire le scosse colla inquietudine, con dare grida insolite, col fuggire dalle abitazioni ecc. In conferma di ciò cito il seguente fatto.

A Sant'Angelo in Vado, appena prima della scossa del 12 marzo 1873, un orbettino, (anguis fragilis) che era in letargo, si destò e mandò un sibilo. Orbene, ritornato l'orbettino in letargo, si osservò che non si destava nè sibilava, facendo oscillare fortemente il tavolo su cui era posto; mentre invece prontamente si destò e sibilò, sottoponendolo alla corrente elettrica.

È molto importante distinguere i fenomeni elettrici che precedono da quelli che accompagnano o che segnano le scosse, perchè possono dipendere da cause diverse; e poi perchè solo i primi possono servire come utile preavviso del terremoto. Nel grande terremoto di Melfi del 1851 si notò che gli animali domestici, e più di tutti gli asini, preannunciarono costantemente le repliche delle scosse colla inquietudine e con grida insolite.

10. Altri fenomeni interessantissimi, perchè talvolta hanno servito a predire i terremoti, sono le modificazioni subite dalla circolazione sotterranea delle acque.

Narra Plinio che, tra gli altri fenomeni osservati in occasione di terremoto, molte volte le acque delle fonti divennero calde o torbide; e che Anassimandro di Mileto agli Spartani, e Fericide ad altri popoli, dai cambiamenti avvenuti nelle acque d'un pozzo, predissero imminenti terremoti (1). Pare adunque che ai tempi di Plinio, e più anticamente, si sapesse, almeno qualche volta, prevedere i terremoti coll'attenta osservazione delle acque delle sorgenti e dei pozzi. Bisogna quindi confessare che in questo studio dei segni precursori dei terremoti — studio tanto importante per la scienza e per l'umanità — non che progredire, si è indietreggiati. Poichè, eccettuati questi ultimi anni, in tutti i tempi medî e moderni nessuno più non si curò di fare osservazioni attente e perseveranti, per rilevare i cambiamenti che presentano le sorgenti in rapporto coi terremoti. Leggendo le storie di terremoti, trovai che si parla *quasi sempre* di notevoli alterazioni verificatesi nella quantità e nella qualità delle acque sorgive; ma pur troppo le notizie sono così superficiali ed indeterminate che difficilmente potrebbero servire ad induzioni importanti e sicure (1).

11. I terremoti sono fenomeni di natura essenzialmente dinamica, e quindi producono un gran numero d'effetti d'ordine meccanico.

Anzitutto il suolo si spacca in mille guise

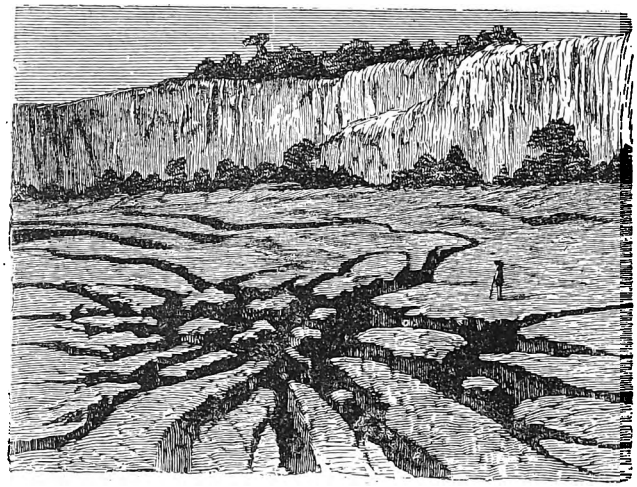


Fig. 345. — Crepacci presso Jerocarne in Calabria ultra.

formandosi crepacci i quali, in generale, si chiudono nuovamente subito o dopo un tempo più o meno lungo, talvolta però rimangono aperti permanentemente (Fig. 345-347). Numerosi crepacci si formarono nel disastroso terremoto del 1692 nella Giamaica. Essi inghiottirono un gran numero di persone; poi si chiusero immediatamente, ed i cadaveri orribilmente mutilati vennero rigettati alla superficie del suolo, quando i crepacci, aprendosi di nuovo, diedero passaggio alle acque sotterranee.

Frequentemente dalle spaccature escono masse d'acqua termale o minerale, e spesso anche sabbie o materie fangose; infine si sprigionano anche materie gazoze diverse.

Nel terremoto siculo del 1693 dai crepacci

(1) Plinio, *Hist. Nat.* II, 87.

(1) Per esempio, in generale non è indicato se il fenomeno avvenisse *avanti* la prima scossa del terremoto, ovvero *dopo* essa. Ora ognun vede che questa circostanza è essenziale poichè nel primo caso il fenomeno potrà servire come preavviso del terremoto; nel secondo caso non sarà che uno dei tanti effetti del terremoto; poichè l'aprirsi di nuove fessure sotterranee o la chiusura di fessure antiche, devono alterare necessariamente la circolazione delle acque nell'interno della Terra.

Digitized by Google

escì molta acqua con odore solfureo, ed in quello accaduto al piede dell'Etna, nel 1818, sgorgarono improvvisamente dal suolo 14 getti d'acqua salata. Durante il terremoto toscano del 1846, in alcuni luoghi scaturì acqua con odore di acido solfidrico, ed altrove l'acqua escita dai crepacci trascinò seco una grande quantità d'arena quarzosa, che ricoprì una superficie assai estesa di terreno. La grande quantità d'acido carbonico, che escì dai crepacci, durante il terremoto della Nuova Granata nel 1827, asfissiò molti serpenti, porci ed altri animali.

Le montagne scosse da violenti terremoti danno luogo a grandi frane e scoscendimenti. Probabilmente sono da attribuirsi a terremoti il grande crollamento del monte avvenuto nel gennajo 1771 nel Bellunese, e quello per cui ebbero origine i famosi *Slavini di Marco* nel Trentino (1). Durante il disastroso terremoto che ha colpito l'isola d'Ischia nel 28 luglio 1883, caddero dall'Epomeo due frane dell'estensione complessiva di circa 63000 metri quadrati.

Fig. 346.

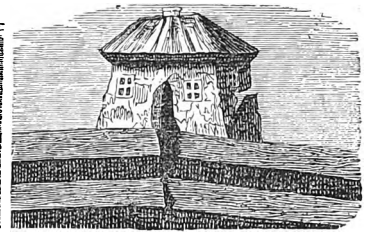


Fig. 347.

Case guaste dal terremoto di Valacchia (da Stoppani).

I terremoti sono spesso accompagnati da sprofondamenti e da sollevamenti permanenti del suolo. I primi sono molto più frequenti dei secondi. Nel grande terremoto napolitano del 1456, Bojano (città del Sannio) venne inghiottita da una voragine, ed al suo posto si formò un lago. Una simile sorte toccò al paese di Sant'Eufemia in Calabria, nel disastroso terremoto del 1638.

Durante il terremoto avvenuto alla Nuova Zelanda nel gennajo 1855, estese regioni dell'isola vennero sollevate permanentemente da 1 a 2 metri d'altezza. Per esempio, nella valle di Vairarapa, nella N. Zelanda settentrionale, il suolo si spaccò, e da una parte della spaccatura si sollevò di circa metri 2.70, mentre dalla banda opposta rimase al suo posto; in tal modo si produsse un *salto*, (*faille*, dei francesi) visibile all'esterno, e che si poteva seguire, partendo dalla costa nell'interno dell'isola, per una lunghezza di 144 chilometri. La Fig. 347 rappresenta una spaccatura e la Fig. 346 un salto, formatisi nel terremoto che scosse violentemente la Valacchia nel 1838.

12. Durante i violenti terremoti che colpiscono i paesi costieri, accade molto frequentemente che il mare si ritiri dalla spiaggia e poi precipiti con grande violenza sulla terra, inondando e rovesciando tutto ciò che incontra sul suo passaggio. Questa ondata di mare è quella che nei grandi terremoti del Perù, del Chilì, di Giamaica, del Giappone, della Sonda ecc. cagiona i maggiori disastri. Il mare si gettò sulle coste del Perù e del Chilì con un ondata alta 13 metri nel 1868, e con una di 27 metri d'altezza nel 1724. L'ondata più alta che si conosca è quella di 70 metri di altezza che devastò la costa di Lepatca nel terremoto del 6 ottobre 1737. Anche le eruzioni vulcaniche sono spesso accompagnate da queste ondate di mare tanto devastatrici, come abbiamo visto essere accaduto nell'agosto dello scorso anno (1883) nello stretto della Sonda.

L'enorme ondata, che ebbe origine sulle coste del Perù nel 1868, percorse in poche ore tutto l'Oceano; in 16 ore arrivò a Newcastle, in 15 ore giunse all'isola Chatam, ed in 12 ore ad Honolulu, nelle isole Sandwich. Nell'isola di Sumatra nel 1861, durante un disastroso terremoto, tutta la costa d'Achem venne devastata da un improvvisa ed alta ondata di mare, che, penetrando nell'interno della terra, ha rovesciato abitazioni, alberi e tutto ciò che incontrava, e, ritirandosi, ha trascinato seco un gran numero di abitanti. Per la medesima causa in quel terremoto perdettero la vita nei vortici del mare 700 indigeni nella sola isola Batoa.

13. È a tutti noto che i terremoti sono distribuiti assai inegualmente sulla superficie della Terra. Mentre gli abitanti della Lombardia possono dormire sonni tranquilli nelle case di 5 o 6 piani di altezza, in certe parti dell'isola d'Ischia, della Calabria, del Perù, si vive sempre paurosi anche nelle case baraccate e di un sol piano.

In Europa, la regione più tormentata dai terremoti è l'Italia. Nel mio *Catalogo cro-*

(1) Vedi sopra pag. 413.

Digitized by Google

nologico topografico-dinamico dei fenomeni sismo-vulcanici italiani (1) ho registrato 31 terremoti fra *rovinosi* e *disastrosi* nel secolo XV, 28 nel secolo XVI, 41 nel secolo XVII, 88 nel secolo XVIII, e 92 dal 1800 al 1884.

I più disastrosi terremoti italiani tramandatici dalla storia avvennero

nel	1169	al piede dell'Etna	con oltre	15000	vittime umane
»	1348	nell'Italia settentrionale		?	
»	1456	nel napoletano	»	» 30000	» »
»	1627	nelle Puglie	»	» 4000	» »
»	1638	in Calabria	»	circa 9600	» »
»	1688	in Campania e Basilicata	»	20000	» »
»	1693	in Sicilia	»	93000	» »
»	1703	nell'Italia centrale	»	15000	» »
»	1783	nelle due Calabrie	»	60000	» »
»	1805	nel Sannio ed in Terra di Lavoro	»	6000	» »
»	1857	in Basilicata e Principato citra	»	12300	» »
»	1883	nell'isola d'Ischia	»	2313	» »

Soltanto dei terremoti posteriori al 1783 possediamo descrizioni accurate ed interessanti per la scienza. Di essi farò un brovissimo cenno.

La prima e più terribile scossa con cui cominciò il grande terremoto calabro del 1783 avvenne alle ore 12 e $^3/_4$ merid. del 5 febbrajo. Fu preceduto immediatamente da rombo sotterraneo e durò 2 minuti, nei quali si provarono quasi contemporaneamente sussulti, ondulazioni in tutti i sensi, ed una specie di moto giratorio. Complicazione di movimenti a cui niente potè resistere. Il furore del terremoto fu massimo in quella parte dellà Calabria ultra chiamata *Piana di Calabria*, formata da terreni recenti, poco consistenti e franosi, addossati verso est alle roccie cristalline antiche dell'Appennino. In pochi istanti parecchie centinaja di villaggi e di città rovinarono quasi interamente. Oppido, Rosarno, Polistena, Cinquefrondi, Casalnuovo, Terranuova, Radicena, Bagnara, vennero ridotte letteralmente ad un mucchio di rovine.

Fig. 348. — Polistena dopo il terremoto del 1873.

« Quando da un'eminenza, scrive Dolomieu, io vidi le rovine di Polistena (Fig. 348), quando contemplai i mucchi di pietre che non hanno più alcuna forma nè possono dare più idea di ciò che era quel luogo, quando vidi che nessuna cosa era sfuggita alla distruzione, e che tutto era stato livellato al suolo, io provai un sentimento di terrore, di pietà, di raccapriccio e per alcuni momenti le mie facoltà restarono sorprese ».

L'area del terremoto non fu molto grande, avuto riguardo alla sua straordinaria violenza. A nord si sentì solo leggermente nel Principato citra e fu quasi insensibile a Napoli. A sud si sentì con gran forza in tutta la parte nord-orientale della Sicilia e nelle isole Lipari.

Dopo la prima scossa, ne replicarono moltissime altre a brevissimi intervalli, tra le quali alcune cagionarono nuove rovine. In tutto l'anno 1783 si contarono circa 1000 scosse.

Una scossa avvenuta all'1 ant. del 6 fu disastrosa a Messina ed a Reggio, e fatale per Scilla. Quivi gran parte d'una montagna precipitò in mare; e le acque di questo si spinsero sulla terra con tanta violenza che più

(1) G. MERCALLI, *Vulcani e fenomeni vulc. in Italia* pag. 216-280, Milano 1882.

Digitized by Google

di 1290 persone (le quali per salvarsi dalle scosse si erano, entro navi, affidate al mare) quasi tutte interamente perirono,

Nel 28 marzo avvenne una scossa poco meno violenta di quella del 5 febbrajo. Comunemente la si considera come una semplice, replica della scossa del 5 febbrajo; ma, invece, secondo me, deve ritenersi come un terremoto nuovo proveniente da un centro sismico affatto distinto da quello del 5 febbrajo. La scossa del 28 marzo, infatti, ebbe la sua maggiore violenza a Gerifalco e Borgia ossia circa 8 miglia più a nord dei luoghi maggiormente danneggiati nel 5 febbraio.

Le scosse nei luoghi più danneggiati furono *sussultorie*, *ondulatorie* e *vorticose*. Si videro gli alberi inclinarsi col tronco fino a toccare la terra con le loro cime. Il suolo veniva agitato come le onde del mare, tanto da cagionare a molte persone una specie di mal di mare.

Si aprirono molti crepacci nel suolo, alcuni rettilinei, alcuni semicircolari, altri irraggianti irregolarmente da un centro (Fig. 345). Parecchi avevano più di 1600 metri di lunghezza e 40 a 60 metri di profondità. In alcuni luoghi si aprirono per sprofondamento ampie voragini, ed altrove cavità circolari; delle quali alcune si riempirono di acqua, altre di sabbia. Una, presso Seminara, aveva 536 metri di lunghezza, 281 di larghezza e 16 di profondità. Molti laghi si formarono anche per lo sbarramento delle valli, operato dai massi franati dai fianchi delle montagne. I piccoli stagni formatisi in quell' occasione sommano, secondo il Vivenzio, a non meno di 215.

Al momento delle scosse più violente, molte sorgenti disseccarono; altre invece lanciarono acqua come fontane. In diversi luoghi zampillò dalla terra acqua calda e con odore di zolfo; ovvero s'improvvisarono vulcanetti di fango, i quali formarono piccoli coni di sabbia.

Il terreno in diversi punti si abbassò, in altri venne trasportato a distanza. Per esempio, il suolo su cui si trovava gran parte di Polistena (circa 100 case) venne staccato e trasportato ad 800 metri di lontananza in un vallone sottoposto; e presso Casalnuovo enormi pezzi di terreno si staccarono e si spostarono dalla loro primitiva posizione (Fig. 349).

Nella estate, per il fetore dei cadaveri, per le acque stagnanti, per la penuria ed i disagi sofferti, si manifestò nelle Calabrie un morbo epidemico. Onde in quell'anno funesto furono non meno di 60000 i calabresi rimasti vittima dei terremoti e delle susseguite malattie.

Il giorno 26 luglio 1806 un violentissimo terremoto colpì il Sannio e la Terra di Lavoro. In sessanta località, tra città e villaggi, vi furono grandi rovine e circa 6000 vittime umane. Frosolone, Bojano ed Isernia furono quasi totalmente distrutte. In molti luoghi il terreno sprofondò e si aprirono voragini: altrove invece si innalzò. Dalle fessure del terreno escirono fiamme e si vide brillare sul monte Frosolone una meteora luminosa.

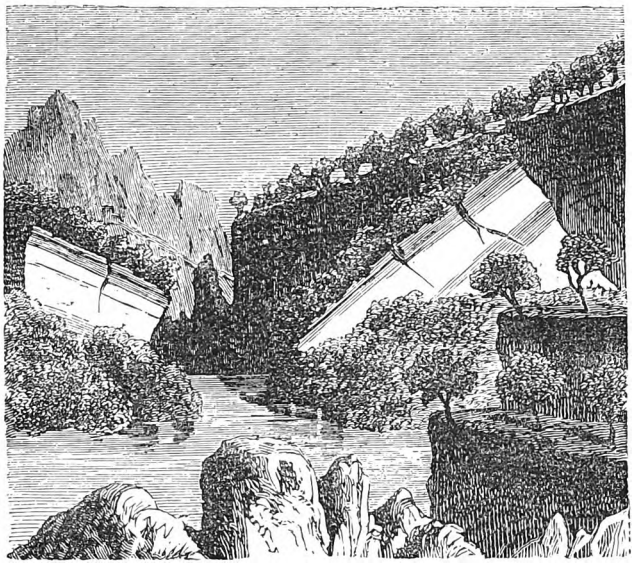


Fig. 349. — Spaccature e spostamenti del suolo presso Casalnuovo accaduti nel terremoto del 1783.

Un terremoto ancora più disastroso conquassò la Basilicata ed il Principato citra nel 1857. Le prime scosse violentissime, precedute immediatamente ed accompagnate da rumori sotterranei, avvennero verso le 10 pom. del 16 dicembre. In pochi istanti Montemurro, Saponara, Viggiano vennero quasi interamente distrutti: ed in molti altri paesi di Basilicata e del Principato rovinarono case. Si rimpiansero 12300 vittime umane.

L'infelice isola d'Ischia fu colpita ben quattro volte da terremoti rovinosi in meno di 100 anni. Nel 1796 rovinarono parecchie case a Casamicciola e 7 persone rimasero sepolte sotto le rovine: nel 1828, nella medesima località crollarono un numero maggiore di case

Digitized by Google

e vi furono 30 persone morte e 50 ferite. Nel 1881 le rovine si estesero non solo a Casamicciola, ma a Lacco e Fango, e 125 persone perirono sotto le rovine. Infine nel 28 luglio 1883 una violentissima scossa fece crollare circa 1200 case, colla morte di 2313 persone e con altre 800 gravemente ferite.

14. Oltre l'Italia, altre regioni circummediterranee d'Europa frequentemente colpite dai terremoti sono la Grecia, l'Asia minore, la Spagna.

Terremoti molto disastrosi colpirono Alessandria d' Egitto e molte isole del Mediterraneo nel 365, Costantinopoli nel 446 e nel 1754, la Siria nel 1170 e nel 1837.

Recentemente venne colpita da violentissimi terremoti l'isola di Scio nel 1881 e nel 1883.

Nella penisola iberica sono tormentati dai terremoti specialmente la Murcia ed il Portogallo. Il più terribile fu quello del 1 novembre 1755.

Era il giorno d'Ognisanti, e la maggior parte dei Lisbonesi si trovavano affollati nelle chiese pei divini ufficî, quando improvvisamente un fragore come di tuono fu udito venire di sotterra, ed immediatamente dopo una violentissima scossa di terremoto durata $^1/_{10}$ di minuto. Alla prima seguì subito una seconda, poi una terza scossa, tutte violente. Niente potè resistere a questo triplice urto. La maggior parte delle case crollarono: e molte migliaja di Lisbonesi restarono sepolti sotto le macerie.

Dopo le prime, replicarono molte altre scosse, sebbene meno violente. Una moltitudine di persone si rifugiò sul molo della dogana, che era solidissimo, largo da 12 a 15 piedi ed alto altrettanto. Ma improvvisamente il molo sprofondò e tutti perirono annegati. Non vennero più a galla neppure i cadaveri. Il letto del Tago in diversi punti si sollevò fino al livello delle acque, ed i bastimenti, strappati violentemente dalle loro àncore, furono sbattuti l'uno contro l'altro.

Il mare, ritiratosi dapprima dalla costa, subito dopo irruppe sulla terra con onda gigantesca alta più di 15 metri. Questa terribile ondata devastò non solo Lisbona, ma tutte le coste del Portogallo e della Spagna. A Cadice l'ondata raggiunse 18 metri d'altezza con una forza tale da smuovere massi di 8 a 10 tonnellate di peso e trasportarli a 300 metri di distanza. L' ondata si rovesciò su tutte le coste settentrionali dell'Africa, a Madera, in Irlanda, su tutte le coste d'Europa, ed, attraversato l'Oceano, giunse fino alle Piccole Antille.

Il terremoto fu sensibile sopra un'area grandissima. I bastimenti, che si trovavano in alto mare, furono scossi fortemente, e, sopra uno di essi, le persone che erano sul ponte si sentirono balzate in alto per quasi mezzo metro. Ad Oporto ed in molte città dell'Africa settentrionale il terremoto cagionò molti danni. Fu pure molto violento in tutta la penisola iberica. Presso Angoulême nei Pirenei si aprì un crepaccio di 9 leghe di lunghezza. Con forza minore si sentì in quasi tutta Europa. Si notarono movimenti improvvisi e straordinarî nelle acque del lago Maggiore, di quello di Neufchâtel e di altri laghi prealpini.

Nelle montagne del Portogallo si aprirono spaccature, e precipitarono dai loro fianchi grandi frane. Nella Provenza l'acqua di diverse sorgenti divenne torbida. Le acque termali di Toeplitz perdettero pure la loro limpidezza, cessarono per qualche istante di sgorgare, e poi ripresero il loro corso più abbondanti di prima.

Le vittime umane della catastrofe del 1 novembre 1755 pare ascendano a 60000.

Passando al continente Asiatico, troviamo tormentati da terremoti l'Indostan, l'arcipelago della Sonda, la Cina ed il Giappone.

Nell' Hindoustan vi fu un terremoto violentissimo nel 1762 ed un altro nel 1819. Quest'ultimo ebbe il suo centro nel delta dell'Indo, dove, al momento del terremoto, il suolo presso Sindree si abbassò di parecchi metri, e si formò una nuova laguna di 5180 chilom. quadrati di superficie; altrove invece si innalzò di alcuni metri sopra una lunghezza di 8 chilometri.

Nell' isola di Giava nel gennajo 1699 si contarono 208 scosse violentissime. Molte case crollarono a Batavia. Accaddero grandi scoscendimenti del suolo, e si può dire quasi letteralmente che parecchie colline si sfasciarono. Durante il terremoto, il vulcano Salek, lontano 6 giorni da Batavia, fece eruzione.

Nel 1786 avvenne un altro terremoto a Giava, durante il quale si aprirono nel suolo profonde spaccature. Il fiume Dotog si gettò in un crepaccio e continuò a scorrere in esso.

Recentemente un terremoto ancora più terribile colpì Sumatra. Nel 16 febbraio del 1861 quest' isola fu agitata da una scossa durata 115 secondi e così forte che pareva di essere sul ponte di un naviglio sbattuto dalla tempesta, e molti provarono tutti i sintomi del mal di mare. Gli uomini più robusti vennero

Digitized by Google

Digitized by Google

SAGGIO DI CARTA SISMICA

secondo il Prof. G. Mercalli

I. Periodo
1303-1499

II. Periodo
1503-1631

III. Periodo
1632-1737

IV. Periodo
1750-1849

Scala dei diversi gradi d'attività sismica adottati in questa carta

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(Vedi al Cap. VI pagina la spiegazione della Scala)

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

violentemente rovesciati a terra. In diversi punti dell' isola il suolo sprofondò; in altri invece si sollevò. A Baros e Siboga la terra si è aperta ed in varî punti escirono getti d'acqua bollente.

Il mare si precipitò sulle coste devastandole orribilmente.

Le scosse replicarono meno fortemente ma molto frequenti per lungo tempo.

In Cina vi furono terremoti rovinosi nel 1830, nel 1835, nel 1871. In quest' ultimo venne quasi interamente distrutta la città di Batang.

Nel Giappone (isola Nipon), avvenne nel nel 1783 un terremoto disastrosissimo (1); ed un altro nel 1854. A Jocohama nel 1870, dall'1 al 6 maggio, si sentirono 123 scosse di terremoto.

15. Passiamo al Nuovo Continente, dove incontriamo, nell' America centrale e nella parte occidentale dell'America meridionale, le regioni del globo senza confronto più tormentate dai terremoti.

San Salvador (nella republica di Guatemala) fu colpita da terremoti nel 1575, nel 1593, nel 1625, nel 1656, nel 1798 nel 1839, nel 1854. Quest' ultimo fu il più disastroso: per esso la città fu ridotta ad un mucchio di rovine.

Nelle isole di Martinica e della Guadalupa (Piccole Antille) vi furono terremoti molto disastrosi nel 1839 e nel 1843.

Nella Venezuela per un forte terremoto del 1790 si sprofondò il suolo e si formò un lago di 800 metri di diametro; e nel 1812 venne distrutta Caracas con la morte di 10000 persone.

Nella Nuova Granata un violento terremoto nel 1827 distrusse Bogota e molte altre città.

Un violentissimo terremoto danneggiò grandemente Quito e Riobamba nel 1797.

La città di Lima, nel Perù, fondata nel secolo XVI, venne in gran parte distrutta nel 1585, nel 1687, nel 1697, nel 1699, nel 1716, nel 1724, nel 1732 nel 1734, nel 1745, nel 1746 e nel 1868.

Il terremoto spaventevole del 1746 cominciò il 28 ottobre. Nelle prime 24 ore si contarono 200 scosse. Due volte l'oceano si allontanò sulla spiaggia e di nuovo si precipitò furiosamente sopra di essa. Lima fu distrutta, ed una parte della costa, presso il Callao, venne

(1) Nel P. T. S. . *Alcune notizie sui terremoti,* è detto che perirono 200000 persone.

trasformata in un golfo. Di 23 bastimenti, che erano nel porto del Callao, 19 calarono a fondo e 4 furono trascinati dalla forza delle onde fino ad una grande distanza nell'interno del paese. Quasi tutti gli abitanti del Callao perirono.

Alcuni vulcani del Perù si misero in eruzione durante il terromoto, emettendo grandi correnti fangose, che inondarono tutti i dintorni.

Non meno disastroso fu il terremoto che colpì il Perù e la repubblica dell' Equatore nel 13 agosto del 1868. Tutte le città ed i villaggi fra Arequipa e Tacna furono in gran parte distrutte. Il mare si ritirò dalla spiaggia, poi precipitò sulla terra con un'ondata alta 20 a 25 metri. In poche ore questa ondata arrivò a Valdivia, e poi, indebolita, anche fino a Chiloe ossia fino a 2377 chilom. dal centro del terremoto.

I numerosi e violenti terremoti, che colpirono le coste del Chilì, sono molto interessanti geologicamente per i cambiamenti permanenti di livello avvenuti durante essi su grandi estensioni di terreno.

Nel 19 novembre 1822 un terremoto disastroso urtò contemporaneamente le coste chilene sopra un estensione di 2000 chilom., da nord a sud. Santiago, Valparaiso e molte altre località soffrirono gravissimi danni. Tutta la costa si sollevò permanentemente per circa 1 metro. In alcuni punti, ove essa era costituita da graniti, si aprirono molte fessure parallele, alcune delle quali si stendevano fino a 2400 metri nell' interno del paese. In molti luoghi escirono dal suolo getti di acqua mista a sabbia, la quale formò piccoli coni di circa 1 m. 20 di altezza.

Terremoti ancora più violenti distrussero la Concezione nel 1751 e nel 1835. Quest'ultimo accadde il 20 febbrajo e si sentì da sud a nord tra Copiapo e Chiloe e da est ad ovest da Mendoza fino all'isola Juan Fernandez, dove il mare si rovesciò sulla spiaggia devastandola orribilmente.

Alla Concezione il suolo in molti luoghi si aprì e poi si chiuse di nuovo rapidamente: e si formarono lunghe fessure di 2 a 3 centimetri di larghezza.

Le scosse replicarono con grande frequenza; sicchè in 15 giorni se ne contarono 300. In novembre il terremoto si ripetè con grande violenza. Durante questi terremoti, l'Osorno ed altri vulcani del Chilì si misero in forte attività.

Dopo la scossa del 20 febbraio si trovò

Digitized by Google

sollevata notevolmente tutta la costa del Chilì presso la baja della Concezione. L'isola di Santa Maria venne innalzata permanentemente di metri 2.40 nella parte meridionale, di metri 1,70 verso il mezzo e di m. 3 all'estremità settentrionale.

Un altro violentissimo terremoto, pure accompagnato da sollevamento del suolo, distrusse Valdivia nel Chilì il 7 novembre 1837.

Nell'America settentrionale i terremoti sono molto meno forti e meno numerosi che non nell'America centrale e meridionale; tuttavia non mancano. Per esempio, nel bacino del Mississipi, lungi da ogni vulcano attivo, replicarono molti violenti terremoti nel 1811 e 1812. L'area colpita si stendeva dal paese di Nuova Madrid alla foce dell'Ohio da una parte, e fino a San Francesco dall'altra. Le scosse continuarono a ripetersi per tre mesi. Al momento delle scosse, frequentemente il suolo si spaccava: e siccome i crepacci avevano quasi tutti la stessa direzione, gli abitanti del paese abbattevano grandi alberi e li disponevano in terra perpendicolarmente alla direzione medesima, per rifugiarsi sopra essi al momento che si formavano nuove spaccature. Disseccarono alcuni laghi, e se ne formarono di nuovi perfino di 32 chilometri di estensione. In molti luoghi, al momento delle scosse, il suolo si apriva, e ne sgorgavano enormi quantità d'acqua, mescolata a fango e frammenti di materie carboniose.

16. Da questa breve rassegna dei principali terremoti sentiti nelle diverse parti del Globo, si vede che alcuni di essi si sentirono soltanto sul fianco od al piede dei vulcani attivi; altri colpirono regioni molto lontane dai vulcani attivi; infine il maggior numero dei terremoti ebbero il loro centro non in un focolare d'un vulcano, ma in una regione non molto lontana dei distretti vulcanici attivi. Da qui la divisione dei terremoti in tre classi: 1.° *terremoti vulcanici propriamente detti;* 2.° *terremoti vulcanici perimetrici*; 3.° *terremoti non vulcanici.*

Sono terremoti vulcanici quelli che agitarono i fianchi dell'Etna nel 1633, 1634, 1669 ecc. (1).

I *terremoti vulcanici propriamente detti* 1.° hanno il loro centro sul fianco od alla base di un vulcano attivo; 2.° presentano un'area assai ristretta rispetto alla loro intensità; 3.° di solito precedono di poco tempo le eruzioni; però talvolta le accompagnano, ovvero le seguono.

(1) Vedi sopra pag. 472.

Non è difficile intendere quale sia la causa di questi terremoti. Abbiamo detto che la cagione immediata delle esplosioni vulcaniche è la forza elastica di materie gazose (specialmente del vapore acqueo), che si trovano nell'interno del focolare vulcanico ad altissima temperatura e sotto corrispondenti pressioni. Ora queste materie gazose, per venire alla luce, come fanno nelle eruzioni, debbono vincere una resistenza, in generale enorme, rappresentata dalla tenacità e dal peso della massa lavica sovrincombente, e di più, se il vulcano è chiuso, devono vincere la tenacità delle rocce solide, che sono costrette a squarciare. E, siccome ambedue queste resistenze possono essere enormi, è naturale che le materie gazose sotterranee, prima di raggiungere la forza elastica sufficiente per vincerle, possono acquistarne tuttavia tanta da scuotere più o meno fortemente il suolo; precisamente come accade che, poco prima di esplodere una mina posta sotto terra, si sente tremare il suolo tutto all'intorno.

I *terremoti perimetrici* sono quelli, a mo' d'esempio, che colpiscono le Calabrie, gli Abruzzi, l'Umbria ed altre regioni d'Italia. Il centro di questi terremoti non è il focolare del Vesuvio e quello dell'Etna, ma è vicino ad essi, ed è molto probabile che questa vicinanza non sia casuale, ma dipenda da ciò che i *focolari vulcanici* ed i *focolari sismici perimetrici* dipendano dalle medesime condizioni endogene.

Infine i *terremoti non vulcanici* possono avere diverse cause. Alcuni di essi, come quello di Lisbona del 1755, si sentono su aree estesissime. Lo Stoppani chiama *tellurici* questi terremoti e ritiene che siano una conseguenza immediata di quelle rotture, che hanno luogo di tanto in tanto nella crosta della Terra, e sono di smisurata lunghezza, come si argomenta dalle catene montuose e dai continenti originati dallo spostamento delle grandi masse spezzate. Altri *terremoti non vulcanici*, sensibili soltanto entro aree ristrettissime, sono probabilmente originati da grandi scoscendimenti avvenuti in cavità sotterranee. Possiamo adunque dividere i terremoti non vulcanici in *terremoti tellurici* o *di dislocazione* e *terremoti di crollamento.*

17. Da uno studio lungo e dettagliato della distribuzione topografica e cronologica dei terremoti italiani, io venni alla conclusione che in Italia esistono parecchi focolari sismici perimetrici probabilmente molto somi-

Digitized by Google

glianti ai focolari vulcanici. Trovai che, se si fissa l'area di alcuni dei principali terremoti che hanno colpito le diverse parti d'Italia, e poi si scorre la storia di tutti gli altri, si vede che quelli di qualche importanza si ripetono di preferenza, e con caratteri non molto differenti, sempre sulle medesime aree, precisamente come suole avvenire delle eruzioni vulcaniche. Per esempio, molte volte replicarono terremoti con caratteri quasi identici nel Senese, nel Forlivese, a Norcia, in Calabria, a Naso (in Sicilia) ecc.

Nella Tav. XVI si vedranno riprodotti graficamente i risultati delle mie ricerche sulla distribuzione geografica dei terremoti italiani.

Per riprodurre nel medesimo tempo la distribuzione topografica e quella cronologica dei terremoti italiani, ho scelto i periodi 1303-1499, 1502-1631, 1632-1737, 1750-1849, ed ho tracciata la *carta sismica d'Italia* per ciascuno di questi periodi. Trovai il *massimo* di attività sismica in alcune regioni, ove in un solo periodo avvennero da 8 a 10 terremoti tra rovinosi e disastrosi. Segnai queste regioni sismiche colla tinta più oscura e rappresentai col grado 10 la loro attività sismica: similmente procedendo, stabilii 9 altri gradi di attività sismica di valore ordinatamente decrescente (1).

Dall'attenta ispezione della mia *Carta sismica d'Italia* si argomenta anzitutto l'esistenza di diversi focolari sismici perimetrici, bene individualizzati e localizzati nella loro azione come i focolari vulcanici. Per esempio, osservando la *Carta sismica,* si vede che sotto la Calabria citra ci deve essere un centro sismico, il quale fu attivissimo nel periodo 1750-1849, mentre nei due periodi 1632-1737 e 1503-1631 fu pure molto attivo, meno però di quello della Calabria ultra 2ª. Similmente in corrispondenza all'alta valle del Tevere deve esistere un focolare sismico, il quale nel periodo 1303-1499 manifestò un' estrema attività, nel periodo 1750-1849 presentò un' attività minore ma ancora grande, infine nei due periodi di mezzo fu molto meno attivo.

Altri fatti, che risultano chiaramente osservando le mie carte sismiche, sono: 1.° che l' attività sismica complessiva di tutta Italia non variò molto da un'epoca all'altra, principalmente se si tiene calcolo che per gli ultimi due o tre secoli le notizie che abbiamo forse sono relativamente maggiori, quantunque si siano presi periodi sempre più brevi; 2.° che negli ultimi due periodi 1632-1737 e 1740-1849 ci fu un leggero aumento nell'attività sismica complessiva dell' Italia meridionale; invece al piede delle alpi (e specialmente tra il Garda e l'Adriatico) l' attività sismica diminuì notevolmente negli ultimi tre periodi in confronto del primo, ed accrebbe alquanto nell'ultimo periodo in confronto coi due di mezzo.

18. È pure interessantissimo lo studio della distribuzione dei terremoti nel tempo, anzitutto per vedere se obbediscono nel loro ritorno a qualche legge, cioè se si ripetono a periodi fissi come i fenomeni astronomici.

Alcuni vorrebbero trovare un periodo *decennale* nel ritorno dei terremoti, in dipendenza colle variazioni decennali delle *macchie solari:* ed il Delauney ammette l' esistenza di periodi sismici di 12 anni, e di 28 anni anni, determinati dai movimenti dei pianeti, i quali colla loro forza attrattiva cagionerebbero i terremoti.

Studiando i terremoti d'Italia (che è la regione che possiede una letteratura sismica più ricca di qualunque altra), io avrei trovato che questi ritorni periodici dei massimi sismici non si verificano punto (2). Solo notai che i *massimi dei massimi* negli ultimi 200 anni avvennero nel 1687-88, nel 1693-95, nel 1729-33, nel 1781-91, nel 1831-32 e nel 1835-37 ossia ad intervalli oscillanti tra 35 e 50 anni. E nemmeno potei scorgere nessuna periodicità nel succedersi dei massimi sismici di una

(1) Ecco la scala sismica adottata nella tavola:

Grado 1 = Alcuni terremoti forti od un solo con altri minori.
» 2 = Parecchi terremoti forti od uno solo fortissimo.
» 3 = Alcuni terremoti fortissimi ovvero altri equivalenti.
» 4 = Un terremoto rovinoso o disastroso ovvero parecchi fortissimi.
» 5 = Terremoti rovinosi o disastrosi uno o due
» 6 = » » » due o tre
» 7 = » » » tre o quattro
» 8 = » » » quattro o cinque
» 9 = » » » sei o sette
» 10 = » » » da otto a dieci

} secondo che sono in numero maggiore i rovinosi od i disastrosi ed accompagnati da pochi o molti altri minori.

(2) Ecco, per esempio, i massimi sismici avvenuti in Italia dal 1700 in poi: 1702-03, 1706, 1718-1719, 1726-27 1729-1733, 1739-44, 1746-47, 1756-57, 1762, 1767-68, 1779-1791, 1804-08, 1818-19, 1821-24, 1828-29, 1831-32, 1834-37, 1841-42, 1846, 1848, 1850-51, 1853-54, 1856-59, 1864-65, 1869-70, 1873-76, 1878-1879. — Riflettendo a queste date, non mi sembra apparire nessuna periodicità o regolarità qualunque nel ritorno dei massimi sismici.

Digitized by Google

medesima località. Invece notai, se non un vero periodo, un certo ritmo, simile a quello delle esplosioni stromboliane, nelle repliche di un medesimo terremoto. Per esempio, nel 1751 a Nocera (Umbria) le scosse replicarono per 2 ore di minuto in minuto; a Siena nel 1798 le scosse si ripeterono per quattro mattine di seguito, tre volte alle 7 ore ed una volta alle 5. Nel 1858 in febbrajo, a Lagonegro, le scosse replicarono molte volte ad intervalli di 1 o 2 ore, ed in aprile, a Polla, di 2 in 2 ore (1).

19. Molto si è discusso sull' influenza del l'attrazione luni-solare sui terremoti. Alcuni moderni sismologi, tra cui Perrey e Falb, ritengono che l'attrazione luni-solare sia la vera causa dei terremoti.

Il Perrey, confrontando le date di un gran numero di terremoti (5388) con l'età della luna e colla sua posizione rispetto al sole, constatò una decisa preponderanza dei terremoti alle sizigie, cioè nel novilunio e nel plenilunio in confronto delle quadrature (1.° ed ultimo quarto); e similmente una maggior frequenza dei terremoti al perigeo che non all'apogeo; infine notò una preponderanza dei terremoti al momento del passaggio della luna al meridiano del luogo di osservazione.

Dietro questo fatto, il Perrey ed il Falb vennero alla conclusione che l'attrazione luni-solare determina delle maree sotterranee nelle materie fluide esistenti nell'interno della Terra; e che i terremoti sono un effetto di queste maree.

Anch' io, confrontando le date dei terremoti dell' isola d'Ischia coll' età della luna, notai che, sopra 17 casi, per 13 il giorno del terremoto dista meno di 3 giorni dal novilunio o dal plenilunio.

Si aggiunga che anche nelle eruzioni vulcaniche si avvertì molte volte una coincidenza, che non pare casuale, colle sizigie.

Sembra adunque un fatto ben stabilito la preponderanza dei terremoti, e fors'anche delle eruzioni, nelle sizigie e nella luna perigea. Tuttavia, siccome è pure un fatto che molti terremoti e molte eruzioni avvengono quando la luna è nelle quadrature e quando è apogea, ossia nelle condizioni più sfavorevoli per esercitare il suo potere attrattivo sulla Terra, mi pare che si debba concludere che l'attrazione luni-solare non può essere la causa nè unica nè principale dei terremoti e delle eruzioni, ma che essa non è che la cagione prossima determinante i fenomeni sismici e vulcanici, già preparati da altre cause endogene. L' azione dell' attrazione luni-solare nei fenomeni sismici, a mio modo di vedere, si può paragonare al leggiero urto che fa precipitare a valle una grande frana, già da lunga mano preparata dall'azione erosiva delle acque sotterranee.

20. Più sicura e più importante è l'azione dei rapidi e notevoli abbassamenti barometrici nel determinare le esplosioni vulcaniche, come già si è detto sopra. Ed alcuni moderni sismologi pensano che la pressione atmosferica abbia una sensibile influenza anche nei movimenti sismici. Il padre T. Bertelli, dietro lunghi e pazienti confronti tra i movimenti microsismici e le variazioni barometriche, venne alle seguenti conclusioni: 1.° ad abbassamenti barometrici d'una durata almeno maggiore di 2 o 3 giorni corrispondono agitazioni microsismiche più o meno sensibili in tutta Italia; 2.° al contrario, nel tempo degli alzamenti duraturi del barometro, i tromometri, generalmente parlando, sono in calma: 3.° i moti microsismici isolati non coincidono con abbassamenti barometrici e quindi devono attribuirsi esclusivamente a cause endogene.

Quanto all' importanza da attribuirsi alle oscillazioni di pressione atmosferica nella ricerca delle cause dei moti sismici e microsismici, mi pare molto probabile l'opinione del padre Bertelli, il quale ritiene « che la diminuzione di pressione atmosferica non sia che una causa occasionale di tali vibrazioni, la quale s'aggiunge il più delle volte ad altre azioni endogene non ancora ben definite del vulcanismo » (1).

21. Infine alcuni vollero trovare un rapporto tra i terremoti e le stagioni. Plinio riteneva che i terremoti sono da temersi specialmente in autunno. Gli abitanti delle isole Curili e del Camsiatca e dell' America meridionale sono convinti che i terremoti rovinosi avvengono specialmente negli equinozî.

Le moderne ricerche di Otto Volger, del Perrey e di altri, pare dimostrino con una certa costanza *una notevole preponderanza dei terremoti in autunno e nell'inverno in confronto dell'estate e della primavera.* Per

(1) Vedi molti altri casi simili nella mia opera più volte citata, a pag. 312.

(1) T. Bertelli, *Riassunto delle osservazioni microsismiche*, pag. 8.

Digitized by Google

esempio, 710 scosse enumerate da Perrey per la Francia dal secolo IV al 1845, sono così distribuite: 200 in inverno, 133 in primavera, 137 in estate e 187 in autunno.

Non si può dare però a questa legge una grande importanza, perchè presenta frequenti eccezioni. Per esempio, 1085 terremoti italiani enumerati dal medesimo Perrey sono così distribuiti: 298 in inverno, 250 in primavera, 203 in estate e 233 in autunno; dal che si vede che l'autunno ha perduto la sua preponderanza: e 570 terremoti sentiti nella regione Turco-Ellenica sono così distribuiti: 106 in inverno, 102 in primavera, 115 in estate, 100 in autunno: dove si vede che la legge è del tutto contraddetta.

22. I geologi hanno tuttodì opinioni incerte e disparate sui rapporti esistenti tra i terremoti ed i vulcani. A me pare che causa di queste discrepanze e di queste incertezze sia il non tenere sufficientemente distinti i terremoti vulcanici, propriamente detti, da quelli perimetrici e da quelli non vulcanici, nello studiare i loro rapporti coll'attività dei vulcani.

Cominciamo dai terremoti vulcanici propriamente detti. Riflettendo alle cause di questi terremoti (1), ognun vede che essi saranno più violenti, quando il vulcano presso il quale avvengono sia chiuso ed in quiete da lungo tempo, ovvero quando il vulcano è aperto, ma molto elevato. Poichè in ambedue i casi le materie aeriformi del focolare vulcanico, incontrando una grande resistenza alla loro espansione all' esterno, possono accrescere la propria elasticità fino a far traballare violentemente il suolo.

Ecco perchè noi troviamo che, prima delle grandi eruzioni pliniane, non mancano mai forti terremoti in tutti i vulcani indistintamente; per esempio, prima del 79 e prima del 16 dicembre 1631 vi furono violenti terremoti al piede del Vesuvio; prima dell'eruzione del monte Nuovo, nel 1538, continuarono per due anni a replicare forti scosse di terremoto presso Pozzuoli.

Le eruzioni ordinarie del Vesuvio raramente sono precedute od accompagnate da terremoto; invece all'Etna anche le eruzioni non pliniane sono precedute e spesso anche seguite da terremoti rovinosi. Per esempio, nel 1865, appena terminata la grande eruzione etnea di quell'anno, un terremoto disastroso atterrò Fondo di Macchia allo sbocco della valle del Bove; ed altri terremoti agitarono il piede meridionale dell'Etna dopo le eruzioni del 1874 e del 1879. Orbene, è evidente che questa differenza tra i terremoti vesuviani e quelli etnei dipende dall'altezza relativa dei due vulcani.

Ed in conferma di questa conclusione fo notare che nelle isole Eolie, dove abbiamo due vulcani da tempo immemorabile perpetuamente attivi, e nel medesimo tempo molto bassi, non si ha memoria di nessun terremoto rovinoso, ed anche quelli molto forti, ma senza rovine, vi sono piuttosto rari.

Dunque concludiamo che i vulcani sono davvero *valvole di sicurezza* contro i *terremoti vulcanici propriamente detti:* 1.° se sono aperti, ossia in attività, 2.° se sono poco elevati.

23. L'Humboldt e, dietro lui, molti altri geologi moderni asseriscono che i vulcani sono *valvole di sicurezza* anche contro i terremoti perimetrici, ossia ritengono che i terremoti e le eruzioni si escludono a vicenda, e che, in generale, quando avviene un' eruzione, i terremoti cessino nelle regioni perimetriche. Io confrontai pazientemente la storia di molte centinaia di terremoti italiani con quelli delle eruzioni dei nostri vulcani attivi, ma dovetti persuadermi che l'antagonismo, comunemente ammesso tra le eruzioni ed i terremoti perimetrici, non esiste. Venni, invece, alla conclusione che *fra i terremoti perimetrici e le eruzioni non c' è quasi mai perfetta coincidenza, ma invece più o meno vicina successione; e, quanto all'ordine di questa successione, spesso i terremoti perimetrici precedono le eruzioni, ma molte volte invece le seguono o sono ad esse contemporanei.* In questi due ultimi casi quindi l' eruzione non salva, ossia non è valvola di sicurezza contro i terremoti perimetrici.

Con ciò non intendo negare, ma solo modificare la tesi ammessa da tanti autorevoli geologi. A me pare che, mentre i terremoti vulcanici sono evidentemente causati dagli stessi magma lavici, che sgorgano dai vulcani, non sia invece ammissibile una *libera* e *facile* comunicazione di materie tra i focolari sismici perimetrici ed i focolari vulcanici: poichè nella supposizione contraria, come sarebbe avvenuto il grande terremoto di Basilicata nel 1857, mentre le lave sgorgavano liberamente dalle fauci del Vesuvio? Ovvero come potevano le materie sotterranee conquassare con gran violenza Naso e Milazzo nel 1739, nei 1786 e nel 1823, mentre avreb-

(1) Vedi sopra pag. 518.

Digitized by Google

bero potuto sfogarsi liberamente per le bocche sempre aperte dell'isola Vulcano e dello Stromboli?

Tra i focolari sismici perimetrici e quelli vulcanici (come pure tra i focolari sismici, ovvero tra i focolari vulcanici confrontati fra loro separatamente), invece della libera e diretta comunicazione dei magma lavici, esistono molte altre importanti relazioni. È chiaro, anzitutto, che la loro vicinanza e la dipendenza da un medesimo sistema di fratture sotterranee farà sì che i movimenti violenti, che accadono in un focolare, verranno risentiti anche negli altri, nei quali cagioneranno agitazione nei magma lavici, aperture di nuove fessure, per cui affluiscono acqua e calore. Per queste vie e per semplice conducibilità avverrà che, quando un vulcano scarica all'esterno enormi torrenti di calore, di elettricità e di vapore acqueo, tutti i focolari sismici e vulcanici, e principalmente quelli più vicini, ne risentiranno un sollievo. In tal modo, quantunque le eruzioni vulcaniche non siano *valvole di sicurezza* contro i terremoti perimetrici nell'istesso grado e nell'istesso modo, come contro quelli vulcanici, lo possono essere però, meno direttamente e meno completamente, in molteplici altre maniere.

CAPITOLO VI.

LE LENTE OSCILLAZIONI DEL SUOLO (1)

DEL PROF.

GIUSEPPE MERCALLI.

Vidi ego, quod fuerat quondam solidissima tellus,
Esse fretum, vidi factas ex aequore terras:
Et procul a pelago conchae jacuere marinae:
Et vetus inventa est in montibus anchora summis.
Eque paludosa siccis humus aret arenis:
Quaeque sitim tulerant, stagnata paludibus hument.

OVIDIO, *Metam. XV.*

1. Più d' un terremoto scuote ogni giorno la crosta della Terra, ed i movimenti microsismici l'agitano in ogni istante, ed in diversi punti contemporaneamente. Ma questi non sono i soli movimenti a cui è in preda la crosta del globo, una volta ritenuta come simbolo dell' immobilità; poichè essa su vaste estensioni lentamente e permanentemente si solleva, mentre in altri luoghi si abbassa. Questi spostamenti, che differiscono dai terremoti o dai movimenti microsismici 1.° perchè sono lenti, 2.° perchè permanenti, prendono il nome di *lente oscillazioni del suolo* o di *bradisismi* (2).

Le lente oscillazioni del suolo si rendono manifeste assai più facilmente sulle coste, che non nell' interno dei continenti e si riferiscono al livello medio del mare, considerato come orizzonte invariabile (3). Quando il mare si ritira da una costa, si argomenterà che questa ha subìto un sollevamento; quando invece esso si avanza sulla terra, se ne inferirà che questa si è abbassata.

In questo genere di osservazioni bisogna

(1) LINNEO, *De telluris habitabilis incremento;* — CH. LYELL, *Principes de Géologie,* Ch. XXXI; — STOPPANI, *Corso di Geol.,* Vol. I, XV e Vol. III, cap XII-XIV. — RECLUS. *La Terre,* p. IV, c. III; — PAOLI, *Del sollevamento e dell'avvallamento di alcuni terreni,* Pesaro, 1838; — V. HOFF, *Veränderungen der Erdoberflache;* — VIRLET D'AOUST, *Essai d'une théorie des oscill. séculaires de la surface du globe,* Paris, 1849; — HEBERT, *Les oscillations de l'écorce terr. pendant les periodes quaternaire et moderne,* Auxerre, 1866; — GIRARD, *Les mouvements et les dépressions sur les côtes,* Paris, 1876; — DELESSE, *Les oscillations des côtes de la France, Bull. de la Soc. de Géographie,* 1872; — QUENAULT, *Les mouvements de la mer, ses invasions;* — HAHN, *Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Kusten,* Leipzig, 1879; — ALBRECHT PENK, *Schwaukungen des Meerespiegels;* — CHÉVREMONT, *Les mouvements du sol,* Paris, 1882; — LUCIANI, *Movimenti littorali del suolo d'Italia;* — FAYE, *Sur les soulèvements et affais. du sol* nei *Comptes Rendus de l'Acad. de Paris,* 1883, Oct. 1; GIRARDOT, *Sur les mouvements du sol qui se produisent actuellement dans la Terre,* Doubs, 1881. — ARTURO ISSEL, *Le Oscillazioni lente del suolo o bradisismi: saggio di Geologia storica,* Genova, 1883 Questa è l'opera migliore d'insieme finora pubblicata in argomento; e da essa ho tolto la maggior parte delle notizie per la compilazione del presente capitolo.

(2) Da *brados* lento e *seismos* movimento. Questo nomo venne recentemente proposto da Issel nella sua ultima opera sulle oscillazioni lente del suolo.

(3) Vedi sopra a pag. 280.

Digitized by Google

badar bene di non confondere gli *spostamenti delle linee littorali,* dovuti ai bradisismi, con quelli determinati dalla deltazione, ovvero dalla erosione e sedimentazione marina. Poichè, come si è visto nei capitoli precedenti, in molti luoghi il mare avanza continuamente entro terra per effetto dell'azione erosiva delle onde marine; in altri invece esso si ritira, senza che avvenga nessun sollevamento della costa, ma per il solo fatto dell'interrimento.

In secondo luogo giova distinguere i bradisismi in due classi, cioè *regionali* e *locali.* I primi sono quelli che si verificano contemporaneamente su aree molto estese (com'è il lento sollevamento di tutta la parte settentrionale della Scandinavia); i secondi sono quelli limitati ad aree molto circoscritte, come sarebbero le oscillazioni delle coste della baja di Pozzuoli, presso Napoli.

Lo studio delle lente oscillazioni del suolo è d' importanza capitale per la geologia. È noto, infatti, che il principio fondamentale, che informa tutta la geologia moderna, è quello delle *cause lente* o delle *cause attuali.* Al principio del secolo, l'emersione di nuove terre dal mare e la scomparsa di terre antiche si spiegavano, ricorrendo alla supposizione di cataclismi istantanei, i quali, non avendo un riscontro nei fenomeni che si compiono sotto i nostri occhi alla superficie del globo, obbligavano il geologo a rimanere sul campo di ipotesi più o meno gratuite. Ma i moderni geologi, studiando le lenti oscillazioni del suolo conclusero che esse bastano a spiegare l'emersione di nuove terre dal mare e la sommersione di antichi continenti. Solo in via eccezionale anche i terremoti concorrerebbero ad accelerare l' azione dei bradisismi.

2. L' instabilità dei continenti e del fondo dei mari è un fenomeno già noto agli antichi. Lo si rivela dai versi d' Ovidio posti in testa al presente capitolo, e non meno esplicitamente da Aristotile, il quale scrive (1): « Vi sono certi paesi, in cui la distribuzione delle terre e dei mari non fu sempre la stessa; in cui cioè tal punto che era terra divenne poi mare, e tal'altro, il quale era prima occupato dalle acque, si convertì alla sua volta in terra. Inoltre tutto porta a credere che siffatti cangiamenti si operano in un determinato periodo di tempo, e secondo certa legge ».

Infine Strabone (2) distingue chiaramente le lente oscillazioni del suolo dai terremoti e da vulcani. Egli, infatti, dopo aver detto che « la terra ora s'innalza, ora si deprime, e le acque, costrette a seguire questi movimenti, quà si estendono oltre le loro rive, là ritornano entro i proprî confini », soggiunge: « fa d' uopo ricavare le nostre spiegazioni dai fatti che cadono sotto ai sensi, e che, come i diluvî, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ed i *sollevamenti spontanei di terreni sottomarini,* si riproducono in qualche modo tutti i giorni ».

Nei tempi di mezzo Omar, scrittore arabo, verso il 900, confrontando certe carte geografiche del suo tempo con altre eseguite da astronomi persiani ed indiani due mila anni prima, avvertì notevoli mutamenti avvenuti nella configurazione dell'Asia, e causati dal lento allontanarsi del mare dalle spiaggie.

Verso la fine del secolo XV Alessandro degli Alessandri, per spiegare l'esistenza delle conchiglie fossili sui monti della Calabria, supponeva che il mare, dopo avere coperto questo monte, si fosse ritirato da esso, sia per il sollevarsi del fondo, sia per uno spostamento delle acque provocate da uno spostamento dell'asse di rotazione della Terra.

Durante il secolo XVI Angelo Eremitano dell' ordine di San Domenico, si era accorto che il suolo di Venezia lentamente si abbassava, perchè in alcune chiese della città trovò antichi pavimenti sepolti sotto il livello medio dell'alta marea.

3. Non ostante queste ed altre osservazioni con le quali molti mostrano di avere intravvisto da lungo tempo l'esistenza dei bradisismi, le prime ricerche scientifiche in proposito datano solamente dal secolo scorso, e furono eseguite da Celsius e da Linneo sulle coste della Scandinavia.

In tutte le coste della Norvegia sono assai evidenti gli effetti dell' innalzamento delle coste. Fino a 150 metri al di sopra del livello del mare attuale si trovano resti d'animali marini, identici a quelli viventi nel vicino mare. Di più, si trovano a diverse altezze *antiche linee di spiaggia* indicate da terrazzi od incisioni orizzontali lungo le coste scoscese. Un recente sollevamento è indicato assai chiaramente da una linea di spiaggia, molto ben distinta, visibile tra Vang e Skaarliodden (Fig. 350). La figura 351 rappresenta un fenomeno simile, ma con una doppia linea di spiaggia presso Grötnes. Il doppio terrazzo ci dice che quì ci fu un lento sollevamento, poi un periodo di

(1) Nel *Trattato delle Meteore.*
(2) Citato in Issel, *op. cit.* pag. 19.

Digitized by Google

sosta, seguito da un secondo periodo di lenta emersione della costa. Alcune di queste linee di spiagge più ben conservate, viste da vicino, sembrano vie orizzontali praticate artificialmente nella roccia. Esse, in generale, sono più numerose e più ben conservate nella parte settentrionale della Norvegia che non nella parte meridionale.

L'astronomo svedese Celsius, verso il 1730, raccolse una grande quantità di testimonianze

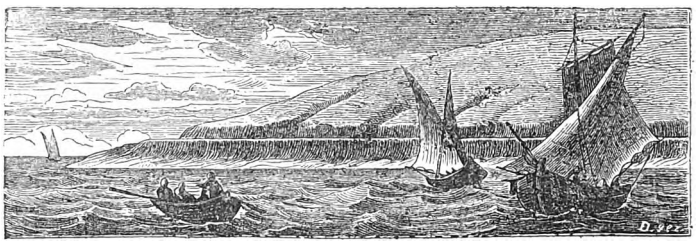


Fig. 350. — Linea di spiaggia tra Vang e Skaarliodden.

e di fatti, dai quali concluse con tutta certezza che il golfo di Botnia andava continuamente diminuendo di estensione. Gli abitanti delle coste norvegiesi gli mostravano diversi punti della costa, una volta battuti dal mare, ed ora a secco. Di più trovò entro terra porti abbandonati, frantumi di bastimenti naufragati, edificî, che da certi documenti sapevasi essere stati costruiti sulla spiaggia.

Dominando allora l'idea della assoluta immobilità della crosta della terra, Celsius attribuì questi fatti all'abbassamento delle acque del mar Baltico, e calcolò che tale abbassamento doveva essere di circa 1 metro ed 11 centimetri per secolo. Per verificare questa conclusione, nel 1731 Celsius e Linneo segnarono un punto di confronto alla base di una roccia dell' isola Loeffgrund, presso Gefle, e 13 anni dopo trovarono che si era innalzato di 0.^{m}18 in confronto del livello del mare, ossia in ragione di 1.^{m}385 per secolo.

Accurate osservazioni di Linneo e di altri naturalisti mostrarono che, mentre le coste norvegesi nel golfo di Botnia s' innalzano di più di 1 metro per secolo, presso Stoccolma tale innalzamento si verifica pure, ma è inferiore di un mezzo metro; ed a sud di Stoccolma è ancora minore, finchè nella punta meridionale della Scania il suolo, invece di alzarsi, si abbassa lentamente sotto le acque del mare. Infatti parecchie vie di Trellebourg, di Jstad, di Malmöe sono scomparse sotto le acque; e parecchie antiche foreste furono egualmente sommerse. Si calcolò che, dopo le prime osservazioni di Linneo, Malmöe si abbassò di 1.^{m}50, e che la costa ha perduto in media una zona di 30 metri.

È evidente che, se gli spostamenti delle linee di spiaggia ora accennati dipendessero da un'oscillazione reale del livello del mare, come pensava Celsius, essi dovrebbero verificarsi nel medesimo senso su tutte le coste del mar Baltico. Poichè è contrario alle leggi più certe della meccanica l'ammettere che il livello di questo mare si elevi permanentemente in un punto, e contemporaneamente si abbassi in un altro. Bisogna dunque ritenere che le oscillazioni del livello del Baltico non siano che apparenti, e dipendano da un movimento reale di altalena della Scandinavia, per cui essa si innalza lentamente a nord per circa 1.^{m}385 al secolo, e si abbassa contemporaneamente a sud (1).

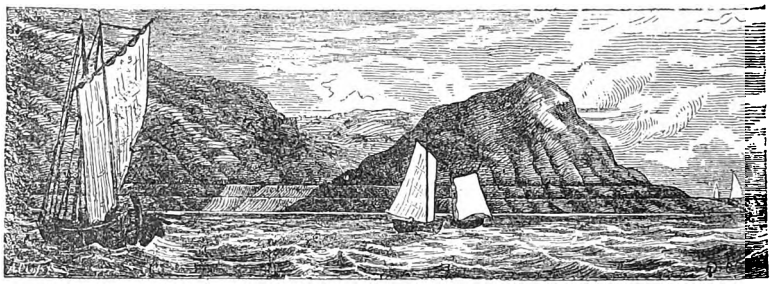


Fig. 351. — Doppia linea di spiaggia presso Grötnes.

La Finlandia, l' Jutland e le isole Danesi si sollevano lentamente, come la Scandinavia settentrionale. Invece l' Olanda, il Belgio e le coste della Prussia orientale si avvallano come la Scania.

L' Inghilterra presenta dei movimenti d'altalena poco dissimili da quelli della Scandinavia. Infatti nella Scozia si incontrano prove

(1) Playfair nel 1802 e De Buch nel 1807 furono i primi che combatterono l'opinione di Celsius, sostenendo che non il mare, ma le coste della Scandinavia si sollevavano a nord e si abbassavano a sud.

Digitized by Google

non dubbie di innalzamento lungo le coste, mentre in Inghilterra, specialmente lungo le spiaggie orientali e meridionali, vi sono traccie e memorie di molte terre sommerse per effetto di un lento avvallamento del suolo.

4. Passiamo alla Europa continentale. Su tutte le coste settentrionali della Francia si notarono nei tempi storici molti fatti che attestano un lento abbassamento. Ne citerò uno solo. Secondo documenti storici scritti, l'isola Jersey (nel golfo Normanno-Bretone) era unita al continente. E similmente si sa, per tradizione, che le isole Auriny, Chaussey e gli scogli della baja di Granville formarono un solo territorio, il quale era coperto da una densa foresta. Secondo Quenault, la depressione del suolo a Jersey e Guernesey sarebbe stata di 14 a 15 metri in 500 o 600 anni, e quindi in ragione di oltre 2 metri per secolo.

Lungo le coste occidentali della Francia la Vandea e la Charente inferiore sono in via di sollevamento, invece nelle lande della Guascogna tornano ad apparire gli indizî di avvallamento, i quali continuano anche nella Spagna settentrionale. Invece, in Portogallo e nella Spagna meridionale le coste sono in via di emersione.

Nella Provenza e sulle coste del Genovesato ci sono, secondo Issel, indizî di un sollevamento preistorico postpliocenico, seguito da un lento abbassamento nei tempi storici. Riferirò uno dei tanti fatti che l'egregio professore cita in appoggio della propria tesi.

Presso Bergegi (Riviera di Ponente) si apre in riva al mare una grotta, che dev'essere stata scavata dal mare stesso in un tempo in cui la costa era più bassa circa 6 metri che al presente (Fig. 352). Fino a questa altezza, infatti, si trovano sulle pareti e sulla volta della grotta molti fori scavati da molluschi marini litofagi (Lithodomus lithophagus).

Sul fondo della grotta, a meno di un metro sul livello del mare, si scoprì uno strato, contenente frammenti di carbone ed ossa spezzate; uno *strato archeologico* insomma, fortemente cementato da concrezioni calcaree. Nell'interno della grotta si trovarono, pure quasi a fior di terra, ad una altezza tra m. 2 e 2.50 sul mare, diversi scheletri umani con utensili di pietra, conchiglie forate, avanzi di pasti.

È necessario supporre che, quando venivano deposti i carboni e le ossa dello strato archeologico, il fondo della grotta fosse ad un livello almeno 2 metri superiore all'attuale, perchè altrimenti il mare avrebbe spazzato via colle sue onde quei detriti, nel tempo che deve essere trascorso prima che venissero cementati e difesi dalle incrostazioni calcaree.

Dunque, riassumendo, la costa di Bergegi si è sollevata di circa 6 metri come mostrano i fori dei litofagi; allora venne abitata dall'uomo e si formò lo strato archeologico. Infine la grotta si abbassò per 2 metri almeno.

Anche in Toscana, nel Lazio e nella Campania al generale sollevamento preistorico postpliocenico pare sia seguito un lento abbassamento. È molto interessante a questo

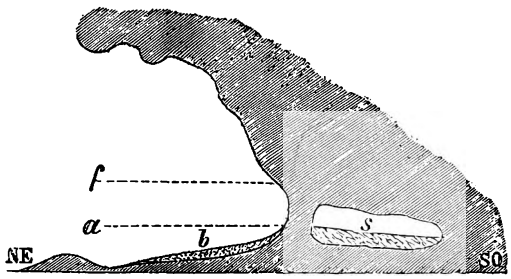


Fig. 352. — Sezione verticale della caverna di Bergegi (da Issel).
f, Fori de' litofagi.
a, Altezza alla quale giungono le onde.
b, Breccia ossifera.
s, Punto in cui furono scoperti gli scheletri umani.
NE-SO. Livello del mare.

proposito la storia delle vicende subite dalle paludi Pontine. Secondo Issel, fino al declinare dell'epoca quaternaria queste regioni era occupata dal mare e poi da paludi, come provano gli strati che si trovano scavando sotto la via Appia; poi subirono un sollevamento, per il quale furono ridotte a terre emerse e coltivabili, sparse di villaggi e città; infine, verso il IV secolo di Roma, cominciarono a deprimersi e ridivennero acquitrinose e malsane, come sono ancora al presente.

Sulle coste occidentali della Calabria mancano gli indizî certi di avvallamenti storici, vi sono invece documenti di un lento sollevamento, il quale si estende anche a tutte le coste della Sicilia, ed i cui effetti si vedono nella scomparsa di alcune piccole baje presso Trapani, nella diminuzione di profondità del porto di Palermo, e nei *terrazzi litorali* visibili specialmente tra Catania e Girgenti.

Passando alle coste adriatiche dell'Italia settentrionale e centrale, troviamo che esse nei tempi storici sono in via di lento abbassamento. E quì il fenomeno si presenta molto più certo e generale che non dalla parte del Tirreno, perchè si stende anche alle coste

Digitized by Google

orientali della Capitanata e della Calabria. Presso Venezia si trovarono in molti luoghi avanzi di costruzioni romane per parecch. metri sotto il livello comune dell'alta mareai Scavando un pozzo artesiano nel giardino pubblico di Venezia, si incontrarono fino ad 85 metri di profondità sedimenti fluviali e strati di torba di acqua dolce (1). Si è calcolato che il valore di questo abbassamento delle spiagge venete oscilla tra metri 0.038 e m. 0.14 per secolo.

Non meno evidenti sono le prove di un lento avvallamento, cominciato dopo l'epoca glaciale e continuato fino al presente, nell'Istria e nella Dalmazia. Secondo Stache e Taramelli, le isole del Quarnero non sarebbero che resti di una terra sommersa. Lungo la spiaggia dalmata, presso Castel Sussuraz, si vede sott'acqua un cippo marmoreo; all'estremità dell'isola di Vragnitza vi ha sul fondo del mare una serie di sarcofaghi di pietra; e fra le foci dei fiumi Goducchia e Jugova si vedono sott'acqua avanzi di case, muri divisorî, pavimenti a mosaico ecc.

Questo fenomeno del lento abbassamento si protende anche alle coste dell'Albania, della Grecia, della Siria e dell'Egitto, non però a tutte le coste del Mediterraneo; poichè nei tempi storici sono in via di lento sollevamento, oltre le coste della Spagna meridionale, della Calabria occidentale e della Sicilia, come si è già accennato, anche quelle dell'Asia Minore, della Tripolitania, del Marocco, dell'Algeria ecc. Evidentemente questo sollevamento delle coste settentrionali dell'Africa costituisce un solo fenomeno (cioè un grande bradisismo regionale) colla lenta emersione della Spagna meridionale.

Secondo Issel, questo grande bradisismo ascensionale interessò nei tempi storici, od almeno postglaciali, gran parte delle coste dell'Africa orientale e tutte quelle dell'Arabia, eccettuando i solo dintorni dello stretto di Suez.

S'incontrano documenti di recenti sollevamenti anche nell'Asia meridionale lungo le coste dell'Arabia orientale, della Persia, del Malabar, del Siam, della penisola di Malacca, e dell'arcipelago della Sonda. Le coste della Cina accennano ad un movimento di altalena: quelle meridionali sono in via di abbassamento, e quelle settentrionali in via di sollevamento: il quale pare continui anche lungo tutta la Siberia settentrionale e la Lapponia fino alla Scandinavia, che già vedemmo in movimento di lenta emersione.

5. Più rapidamente accennerò i bradisismi litorali del nuovo continente.

Tra i 70° ed 80° lat. N. sulle coste Americane e più ancora su quelle occidentali della Groenlandia si trovavano traccie di un lento innalzamento del suolo. Nel medesimo tempo la parte sud-occidentale della Groenlandia e le coste del Canadà si abbassano lentamente. Nella Groenlandia, a Frederickshaab (lat. 62° N.), a Godthaab ed in diversi altri luoghi, si vedono abitazioni rovinate ed abbandonate, le quali sono coperte dalle acque nelle alte maree. Attualmente nessun Groenlandese originario costruisce la propria casa presso il lido. È viva ancora presso i Groenlandesi la tradizione dell'esistenza di alcune terre, denominate Frienslandià ed isola di Buss, le quali furono popolate fino al XIV secolo ed ora sono scomparse sotto le onde (1).

Lungo le coste dell'America settentrionale la Terra Nuova, la N. Scozia e la N. Brunswick sono in via di sollevamento; gli Stati Uniti dalla baja di Fundy fino alla Florida in via di abbassamento; infine la Florida, il Texas ed il Messico in sollevamento.

Nel golfo del Messico la catena delle Bahama si abbassa a sud e si innalza a nord; le Antille invece sono quasi tutte in via di innalzamento.

Nell'America meridionale le coste della Colombia, dell'Equatore, del Perù e del Chilì settentrionale e centrale presentano i più sicuri documenti di recenti sollevamenti. Secondo Darwin (2), tra il 1817 ed il 1834, il suolo di Valparaiso si innalzò di metri 3.20 ossia di m. 0.19 all'anno. Nel Chilì molti punti della terraferma vengono chiamati *Hapui*, che nell'antico idioma locale significa *isola*. Ciò prova che si unirono al continente per effetto di un recente sollevamento. Invece nel

(1) Si citano innumerevoli fatti dovuti al lento abbassamento della spiaggia veneta. Nel 1790, costruendosi il teatro della Fenice, si trovò a 2 metri e mezzo circa sotto il livello della comune alta marea, un grosso tronco di albero colle sue radici in posto e circondato da una siepe. — Dove sorsero Equilio, Altino ed Eraclea ora si stende una mesta palude. — La grandiosa opera dei *Murazzi* fu fatta dalla Repubblica perchè il lido di Chioggia era divenuto assai ristretto al principio del secolo XVI, e si disperava di mantenerlo contro l'invasione del mare (Issel, *Op. cit.* p. 257).

(1) Il Meunier (*Les causes actuelles en Gèologie*, Paris 1879) cita in appoggio di questa tradizione, da altri messa in dubbio, alcuni scandagli eseguiti recentemente tra il 5° ed il 60° di lat. N., e tra il 27° ed il 32° di long. occidentale, dove si è trovato un punto il quale è coperto di sole 748 braccia d'acqua, mentre da un lato e dall'altro le profondità sono di 1160 e di 1260 braccia.

(2) Citato in Issel, *Op. cit.* pag. 353.

Digitized by Google

Chilì meridionale, un po' a sud di Valdivia, si trovano foreste sommerse ed altri indizî di avvallamento del suolo. Infine nella Terra del Fuoco e nella Patagonia orientale riappariscono ancora i segni di recenti sollevamenti.

6. L'Oceania offre bellissimi esempi di bradisismi molto interessanti. Quasi tutta la Papuasia presenta indizî di sollevamento, anzi, secondo alcuni, essa in epoca più o meno remota non era che un grande arcipelago, le cui isole, per effetto di un sollevamento, si riunirono tra loro.

La Nuova Olanda presenta un deciso movimento d'altalena. A nordest le coste del mare di Corallo sono in via di abbassamento; invece nella parte meridionale e specialmente nella Victoria, il suolo si eleva nella misura di m. 0.20 circa per secolo (1). Per questo innalzamento il porto di Melbourne va scemando di profondità, e presso il capo Jaffa, nell'Encourter bay, apparvero nuovi scogli che prima non si conoscevano.

La Nuova Zelanda è in via di abbassamento nella parte settentrionale e nell'occidentale, presenta invece indizî di sollevamento sulle coste orientali.

Probabilmente il fondo degli oceani si abbassa e si solleva in molti luogi come la terraferma. Ma, se è difficile constatare i bradisismi continentali, tanto più sarà arduo avere notizia di quelli sottomarini. È noto tuttavia, specialmente per gli studî fatti da Darwin, sulla formazione delle isole coralline, che il fondo del mare è in lento movimento discensionale in tutte quelle parti dell'Oceano Pacifico ed Indiano, dove sorgono le grandi formazioni madreporiche (2).

7. I bradisismi finora considerati sono tutti *regionali*, ossia avvengono su aree estese e continue, le quali contemporaneamente si sollevano o si abbassano. Si verificano tuttavia lente oscillazioni del suolo, le quali non si estendono che ad aree molto limitate, e che si denominano *bradisismi locali*. Per esempio, a Dismal Scramp, nella Carolina, il suolo si sollevò lentamente su una piccola estensione, determinando una forte pendenza nella linea ferroviaria da Porsmouth a Suffolk. Sotto l'area sollevata esiste una torbiera. E siccome si sa che gli sfagni e le altre piante delle torbiere hanno la proprietà di assorbire e ritenere l'acqua in gran copia, aumentando di volume, così è certo che questo fenomeno è la causa del sollevamento. Altri locali innalzamenti di terreno si osservarono dove esistono entro terra ammassi di calcare che, per azione di sorgenti di acque solfuree, viene trasformato in solfato di calce o gesso (1).

Nelle regioni dei delta (2) si verificano con frequenza lenti avvallamenti locali per effetto dell'assettamento e della compressione delle materie detritiche accumulate in grande quantità. Per esempio, il suolo di Venezia, oltre partecipare al lento abbassamento regionale di tutte le coste venete e dalmate, presenta dei cedimenti locali, dove sorgono i campanili di S. Giorgio dei Greci e di Santo Stefano; e tali cedimenti sono evidentemente da attribuirsi alla causa ora accennata.

Altra causa di bradisismi locali può essere la presenza di grandi ammassi sotterranei di salgemma, di acido borico, di gesso o di altre rocce solubili, le quali a poco a poco vengono asportate dalle acque sotterranee e determinano uno sprofondamento rapido o lento del suolo.

Il professore A. Stoppani ha fatto conoscere recentemente un bradisismo appartenente probabilmente a quest'ultima categoria (3). A Volterra, verso il principio del secolo, il mare non appariva guardando verso sudovest, perchè la vista era impedita dalle colline di Guardistallo e Montescudajo, interposte tra la città ed il mare. Con meraviglia dei volterrani, verso il 1830, due segmenti di mare cominciarono ad apparire, attraverso due selle di dette colline. A poco a poco una striscia di mare veniva a congiungere i due segmenti: ed oggidì quella striscia è diventata una zona; i due segmenti di mare si sono molto ingranditi ed un terzo segmento di mare, non mai visto, appare alla sinistra dei due primi, cioè verso mezzodì.

Il professore Stoppani spiega questo fatto, ammettendo che le colline di Guardistallo e

(1) PETERMANN, *Geogr. Mittheil.*, 1855, citato in Issel *l. c.* p. 331.

(2) Queste aree sottomarine in via di abbassamento vennero già indicate a pag. 271-272.

(1) Sterry-Hunt descrive i depositi di gesso dell'alto Canadà originati in questo modo. Quegli ammassi di gesso riposano sopra strati orizzontali, mentre gli strati superiori sono inclinati notevolmente per effetto del sollevamento prodotto dalla trasformazione del calcare in gesso. Gli abitatori di quelle località asseriscono di avere notato dei sollevamenti del suolo, e di avere verificato che quelle oscillazioni, che fanno tremare le muraglie delle loro case, sono indizio della presenza di un deposito di gesso (Cfr. LECOQ, *Eaux miner.*, a pag. 225).

(2) Vedi sopra pag. a 437.

(3) *Atti della Soc. ital. di Scienze nat.* Vol. XXVII, pag. 72.

Digitized by Google

Montescudajo si siano, durante il secolo, lentamente abbassate. Indica poi come causa probabile di questo abbassamento l'esistenza dei famosi *soffioni boraciferi* (1), i quali, portando alla luce una numerosa quantità di liquidi e di sali diversi, devono avere prodotto nelle viscere della terra grandi vani, a cui consentirebbero, abbassandosi, le terre circostanti

Ammettendo col prof. Stoppani che tale sia la causa del fenomeno, si tratterebbe di un bradisismo locale. Noto però che il fatto è in accordo col lento generale abbassamento che, secondo il professore Issel, presentano nei tempi storici quasi tutte le coste della penisola italiana.

8. Infine c'è un gruppo di bradisismi, i quali sono strettamente connessi coi focolari vulcanici. Tali sono, per esempio, le lente oscillazioni della spiaggia del golfo di Napoli, attestate specialmente dallo studio del famoso tempio di Serapide (Figura 353).

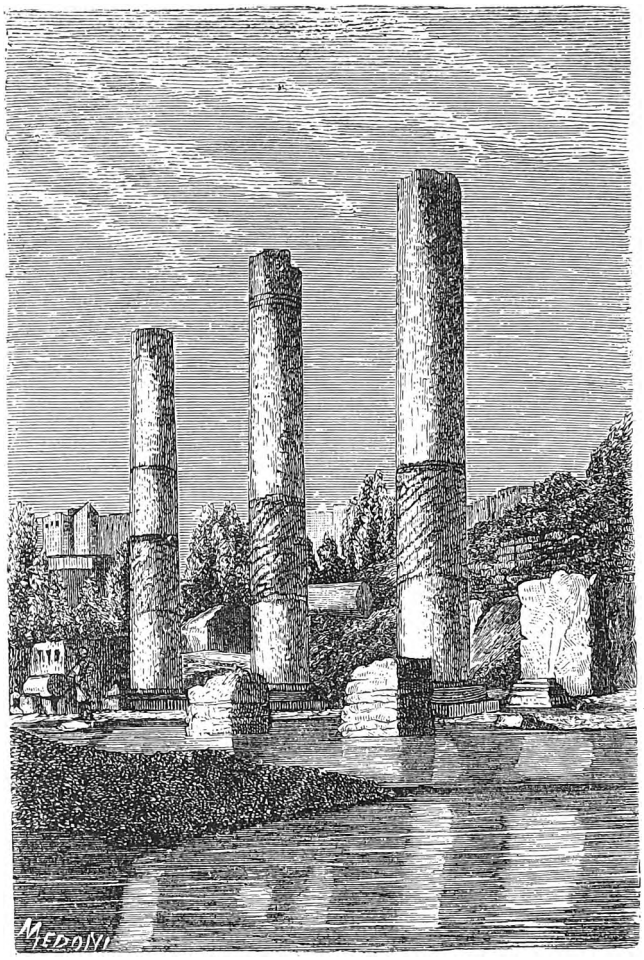


Fig. 353. — Tempio di Serapide.

Giace questo tempio a nord della città di Pozzuoli, e poco discosto dal mare sopra una bassa spiaggia, chiamata la *Starza*. Dell'antico edificio stanno ancora in piedi tre magnifiche colonne di metri 12.50 di altezza, formate di un sol pezzo di marmo cipollino. La loro superficie è continua ed intatta fino a metri 3.60 al di sopra delle basi; ma immediatamente sopra questo livello esiste una zona di metri 2.70 circa di altezza, dove il marmo è perforato da centinaja di cunicoli di un mollusco marino litofago (il *Lithodonus lithofagus*), che ha l'istinto di scavarsi nelle pietre dei fori piriformi e di dimorarvi per tutta la vita. Quei fori, essendo assai numerosi e molto profondi, mostrano che le colonne rimasero sommerse nell'acqua marina lungo tempo

Entro i cunicoli si rinvennero anche le valve di una specie di *Arca*, che ha l'istinto di vivere ritirata nelle piccole anfrattuosità delle rocce.

Siccome il tempio di Serapide venne certamente costruito al di sopra del livello del mare, almeno di qualche metro, ed i fori dei litofagi giungono fino a 6 metri sopra del suo pavimento; così bisogna ammettere che, dopo la sua costruzione, si sia abbassato di 8 o 9 metri almeno. Con tutta probabilità la sommersione è cominciata dopo il secolo III; poichè c'è memoria di opere eseguite nel tempio fino al 235 per munificenza degli imperatori romani. La sommersione fu lenta e raggiunse il suo massimo fra il IX ed il X secolo. Si argomentano molti particolari sul modo con cui essa avvenne, esaminando i depositi sotto ai quali si trovò sepolto il tempio.

Secondo Babbage: 1.° sul pavimento si depositò uno strato (fig. 354 *c c*) di $0^{m}60$ di calcare oscuro con *serpule*, animali propri delle acque salse o salmastre. Ciò indica che il tempio si era abbassato in modo da venire inondato da acqua marina mista ad acqua

(1) Vedi sopra a pag. 500.

Digitized by Google

dolce: 2.° si sovrappose uno strato, *dd*, di tufo vulcanico di 1^m50 a 2^m70 di spessore, rappresentante il prodotto di una eruzione avvenuta probabilmente nella vicina solfatara: 3.° si formò un calcare d'acqua dolce, *e e*, di un metro circa di spessore, nel quale si trovarono gusci di *planorbis*: 4.° un secondo ammasso di ceneri e di dejezioni vulcaniche di un metro circa di spessore ricoprì tutti i depositi precedenti.

Quando le colonne si trovarono avviluppate e sepolte per metri 3.30 circa entro i depositi descritti, allora accadde il massimo abbassamento del tempio, il quale venne sommerso per circa 6 metri. Fu allora che le colonne, essendo difese nella parte inferiore dai depositi formatisi anteriormente, vennero intaccate dai litofagi solamente nella loro porzione di mezzo, che era la sola flagellata liberamente dalle onde.

Probabilmente fu col principio del secolo XVI, che cominciò l'emersione del Serapeo, la quale avvenne lentamente come la sommersione (1), e non fu compiuta se non al prin-

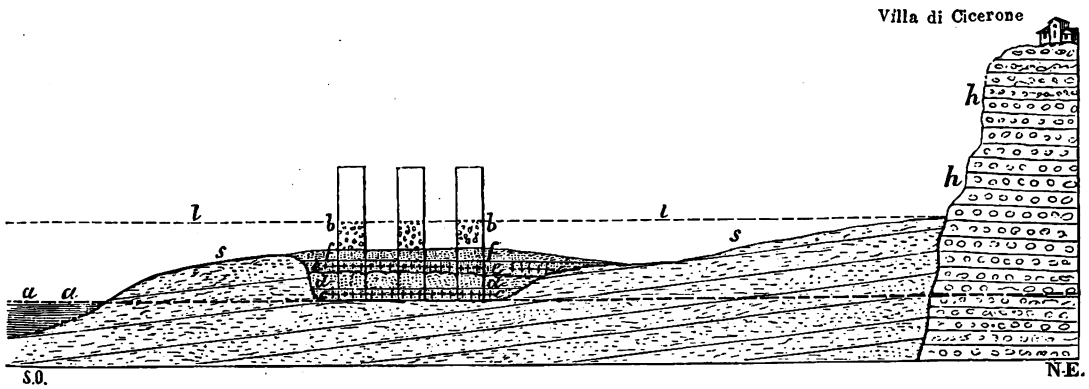


Fig. 354. — Taglio da sud-ovest a nord-est appena a settentrione di Pozzuoli.

aa Livello del mare. — *l l* Livello del mare nel massimo della sommersione del Tempio. — *b b* Zona delle colonne perforate dai Litofagi. — *s s* Starza. — *c c* Incrostazione marina di color oscuro. — *d d* Prima pioggia di cenere. — *e e* calcare d'acqua dolce. — *f f* Secondo strato di detriti vulcanici. — *h h* Strati marini elevati fino a 20 metri sul livello del mare.

cipio del nostro. Nel 1807, come attesta Niccolini, l'acqua del mare non poteva entrare nel tempio anche nell'alta marea, se non eccezionalmente, quando dominavano forti venti del sud.

Ma 16 anni dopo, verso il 1822, il medesimo Niccolini trovò che l'acqua due volte al giorno, ossia al momento dell'alta marea, invadeva il Serapeo. Era dunque incominciato un *secondo periodo di sommersione*. Niccolini nel 1838 e Jordan-Hill nel 1847 constatarono che l'abbassamento continuava, sebbene assai lentamente, con un valore vario tra 7 e 25 millimetri all'anno. Attualmente il pavimento del tempio si trova per un metro circa sotto il livello del mare, e si convertirebbe in uno stagno, se il municipio di Pozzuoli, per ragioni d'igiene, non lo impedisse.

I bradisismi ora descritti si verificarono contemporaneamente su tutta la spiaggia di Baja e fors'anche dell'intero golfo di Napoli.

L'antico molo di Pozzuoli, detto *ponte di Caligola* (Fig. 305 pag. 465), ora si vede in parte sommerso e presenta nella parte emersa dei suoi archi fino a tre metri sul livello del mare, tracce sicure della presenza di animali marini. Dunque questo molo, dopo la sua costruzione avvenuta ai tempi di Caligola, deve aver subito un notevole abbassamento, e poi un sollevamento di minor valore, in modo da non essere portato fino al livello primitivo, proprio come accadde del Serapeo. Vicino al castello di Baja vi è una strada romana, attualmente sotto il livello del mare, dove certamente non venne costruita. Similmente vicino al lago Lucrino, al piede del monte Nuovo, esistono 10 colonne del tempio delle Ninfe, le quali ora sono per buona parte della loro altezza sommerse. Questi due fatti, considerati isolatamente, proverebbero sol-

(1) Lyell (*Principes de géol.*, ecc., II, p. 224) ed altri geologi ritengono che l'inalzamento principale del terreno su cui si trova il Serapeo sia avvenuto nel 1538 in occasione della eruzione del m. Nuovo (v. sopra pag. 467). In altra mia opera (*Vulcani e fenomeni vulcanici* ecc., pag. 23) ho dimostrato insussistente questa opinione con molti argomenti, dei quali ne ricorderò solo due: 1.° Ci sono documenti che attestano positivamente un lento sollevamento della spiaggia di Pozzuoli avvenuto nei primi anni del secolo XVI: 2° secondo l'ipotesi di Lyell nel 1538 insieme al Serapeo avrebbe dovuto innalzarsi anche la città di Pozzuoli; ora questo avvenimento non è registrato in nessuna delle tante storie dell'eruzione del monte Nuovo.

Digitized by Google

tanto essere avvenuto un lento abbassamento dopo l'epoca romana, lungo le coste del seno di Baja; ma, confrontandoli coi fenomeni presentati dal Serapeo, parmi naturale supporre che anche la strada romana di Baja ed il tempio delle Ninfe abbiano subito una doppia oscillazione.

La posizione di questi bradisismi del golfo di Napoli non lascia dubbio, a mio credere, sulla loro natura. La spiaggia di Baja è circondata da tre focolari vulcanici attivi: il Vesuvio, i Campi Flegrei (Solfatara e monte Nuovo) e l'Epomeo d'Ischia. Ora vicino ai vulcani agiscono tre cause che possono determinare bradisismi. La prima sono le forti variazioni di temperatura, la seconda è la presenza dell'acqua in grande quantità, la terza è la sottrazione di enormi masse di lave e di materie gazose, che nelle eruzioni passano dall'interno all'esterno della terra.

In un focolare vulcanico in attività deve esservi una temperatura di 1000° a 2000° di temperatura *almeno*. E questa temperatura deve presentare grandi oscillazioni. Sarà massima poco prima d'una violenta eruzione; diminuirà invece dopo che questa sia avvenuta. Ora è chiaro che queste forti oscillazioni di temperatura si propagheranno più o meno sensibilmente dal focolare vulcanico a tutte le rocce circostanti; le quali conseguentemente subiranno una dilatazione od un restringimento di volume, che poi si tradurranno in lenti sollevamenti od abbassamenti del suolo. Babbage calcolò che una variazione di 50° C. di temperatura, subìta da un terreno di due leghe di spessore, cagionerebbe un movimento di 2 metri alla superficie (1).

Applichiamo questi principî ai bradisismi della spiaggia di Pozzuoli. Ho detto sopra che il suo sollevamento principale avvenne sul principio del secolo XVI; cioè pochi anni prima della grande eruzione del monte Nuovo. Mi pare quindi molto ragionevole supporre che il focolare vulcanico del Monte Nuovo, trovandosi in forte attività, abbia aumentato la temperatura delle rocce sotterranee in corrispondenza della vicina spiaggia di Pozzuoli, determinandone quindi il lento sollevamento (2).

L'acqua, che allo stato liquido o di vapore si accumula in un focolare vulcanico, quando si prepara un'eruzione, potrà penetrare nelle rocce circostanti e determinare un sollevamento sia col portarvi calore, sia coll'idratare le rocce, sia infine esercitando un lavoro meccanico colla sua forza elastica, se è allo stato di vapore.

Infine anche la grande quantità di materie eruttate dai vulcani deve dar luogo a delle discontinuità e dei vuoti sotterranei. E spesso accadrà che le rocce superficiali si abbasseranno o lentamente, ovvero per sprofondamento istantaneo, per riempire tali discontinuità. Già R. Mallet, considerando che le grandi aeree di abbassamento, come quelle del Pacifico e del mar Indiano, sono circondate da una catena quasi continua di vulcani attivi, espresse l'opinione che il valore dell'abbassamento corrisponda al volume dei materiali eruttati dai vulcani.

Similmente io credo che il lento movimento ascensionale che si compie attualmente su tutte le coste delle Antille, della Guatemala del Perù e del Chilì sia da attribuirsi all'esistenza della grande zona vulcanica centrale e meridionale. Il medesimo calore che mantiene a 1000° o 2000° di temperatura i focolari di più che cento vulcani allineati in quelle regioni, deve per conduttività e per mezzo della circolazione sotterranea del vapore acqueo, propagarsi alle rocce fino a notevole distanza, dilatandole e quindi determinando dei sollevamenti.

9. Come si vede, molti bradisismi locali e regionali sarebbero strettamente legati per la loro causa ai fenomeni vulcanici. Tuttavia vi sono anche bradisismi, i quali per la posizione geografica sembrano affatto indipendenti dai vulcani. Intorno all'origine di queste lente oscillazioni del suolo si sono fatte diverse ipotesi. Le principali sono due. Coloro che ritengono la Terra formata da un nucleo incandescente, ed in via di raffreddamento, ricoperto da una crosta solida più o meno grossa, attribuiscono al raffreddamento ed alla conseguente contrazione di questo nucleo i lenti abbassamenti e sollevamenti della crosta terrestre e la formazione delle montagne (1). L'interno della Terra, mano mano che si raffredda, lentamente si contrae. La crosta solida della Terra, non potendo seguire questa contrazione del nucleo su cui poggia, si stacca da esso, e rimane come sospesa e senza appoggio.

(1) BABBAGE cit. in ARAGO, *Astronomie populaire*. III°, 135.

(2) Già il p. Serpieri (*Rendiconti del R. Istituto Lombardo*, gennajo 1884) fece notare che si verifica una specie di alternanza tra i bradisismi della spiaggia di Pozzuoli e l'attività sismo-vulcanica dell'isola d'Ischia.

(1) Sostengono questa ipotesi Elie de Beamont, Cordier, Heim, Suess, De Lapparent.

Digitized by Google

Quindi sotto l'enorme pressione del proprio peso, si rompe in grandi pezzi; i quali si avvallano e si urtano reciprocamente, sviluppando enormi pressioni laterali, le quali determinano ripiegamenti e sollevamenti.

A questo modo di spiegare le oscillazioni della crosta terrestre si possono fare obiezioni molto gravi, alle quali non mi pare possibile dare una risposta soddisfacente. Come è possibile, per esempio, spiegare l'alternanza di numerosi abbassamenti ed innalzamenti sulla medesima area? Una fessura che si produce per contrazione, osserva lo Stoppani, andrà allargandosi mano mano che il corpo si contrae; ma come mai quella fessura andrebbe alternatamente allargandosi e chiudendosi? E come mai le medesime aree andrebbero le tante volte alternatamente alzandosi ed abbassandosi? La geologia, per esempio, c'insegna che sull'area degli Stati Uniti durante l'èra paleozoica molte volte alternarono i liberi mari colle limpide acque, dove i coralli edificarono le montagne calcaree ed i bassifondi, ove si adunarono potenti banchi di sabbie e di ghiaje preferite dagli acefali e dai brachiopodi, ed i mari interni salati in eccesso, ove si spegneva la vita. Come mai, conclude lo Stoppani, tutto questo si può ripetere da un processo di progressivo raffreddamento e di conseguente progressiva contrazione, che doveva operare sempre nello stesso senso? (1).

Lo Scrope e lo Stoppani, persuasi della insufficienza della teoria della lenta contrazione terrestre per spiegare le oscillazioni della crosta del globo, pensano che il calore proprio della terra non sia in continua diminuzione, ma si riproduca, e che si trasporti nell'interno della terra da un luogo all'altro. Le cause principali, che possono determinare grandi squilibri o trasporti del calore interno della Terra, sono il denudamento delle parti emerse dei continenti e l'accumulamento di grandi depositi sedimentari nei bacini oceanici. È noto infatti che, approfondandosi nell'interno del globo al di sotto del così detto *strato di temperatura invariabile* (2), la temperatura aumenta di un grado centigrado per ogni 30 o 40 metri circa (3). Orbene, se supponiamo che sul fondo di un dato bacino marino si accumuli un deposito sedimentare di 500 metri di spessore, tutti i punti della crosta, del globo al di sotto di quel deposito aumenteranno di circa 10° C. di temperatura. E questo accrescimento di calore sarà accompagnato da una lenta dilatazione di tutte le masse rocciose che lo subiscono; ed in tal modo queste si innalzeranno lentamente, mano mano che si riscaldano, e comprimeranno lateralmente le rocce laterali, che si oppongono alla loro dilatazione.

Un'altra causa, che, secondo Bischof ed altri moderni geologi, può dilatare o contrarre su vaste estensioni le rocce, e quindi determinare oscillazioni del suolo, sono i fenomeni di decomposizione, di idratazione, di cristallizzazione che subiscono le rocce stesse, e che costituiscono il così detto *metamorfismo regionale*.

Le rocce (per esempio: i graniti, i porfidi, i gneiss, i basalti, gli schisti argillosi ecc.) per l'azione dell'acqua, dell'ossigeno, dell'acido carbonico, che in quantità più o meno grande penetrano nelle viscere del globo, si decompongono. E la decomposizione è accompagnata da aumento di volume.

L'acqua, circolando nelle rocce, si combina coi minerali anidri, idratandoli ed aumentandone il volume.

Secondo Bischof, rappresentando con 1 il volume della roccia allo stato normale, il volume della roccia stessa in seguito alla decomposizione, sarebbe

Granito e gneiss. . . .	1.3 a 1.65
Basalte	1.73 a 2.13
Lava.	1.77 a 2.243
Schisto argilloso. . . .	1.3 a 1.458

Per sollevare adunque una massa rocciosa all'altezza di 1 chilometro, basterebbe che ad essa servisse di base una massa di granito o di gneiss della potenza di 2 chilometri, a 2 e $^1/_2$: il che si verifica in molti luoghi.

L'idratazione delle rocce anidre, per azione dell'acqua, che penetra dappertutto nell'interno della Terra, è un altro fenomeno che determina un aumento di volume nelle rocce stesse, e quindi un sollevamento delle rocce sovrapposte ed una compressione di quelle laterali.

Talvolta però il metamorfismo delle rocce

(1) STOPPANI, *Corso di Geologia* vol. III° p. 244.

(2) Vedi sopra pag. 390.

(3). E. Vogt, M. Mohr ed altri hanno messo in dubbio questa legge, ma le osservazioni fatte recentemente a Sperenberg e nei tunnels del Cenisio e del Gottardo la confermano in modo indiscutibile. A Sperenberg (11 chilometri a sud di Berlino) si è scandagliata la temperatura del suolo per mezzo di un foro profondo 1269 metri, e si trovò in media l'aumento di un grado centigrado ogni 32 m. e mezzo. Queste esperienze fatte a Sperenberg co i starono al governo prussiano 220000 franchi. Nel tunnel del Cenisio si constatò l'aumento di temperatura di un grado in media ogni 30 metri, ed in quello del San Gottardo ogni 48 metri.

Digitized by Google

è accompagnato da una diminuzione di volume e quindi da un abbassamento. Questo accade, per esempio, quando avviene la cristallizzazione di materiali amorfi. Si è infatti constatato esperimentalmente che i basalti, le trachiti ed altre rocce, passando dallo stato vitreo allo stato cristallino, acquistano una densità notevolmente maggiore, perchè subiscono una contrazione.

10. Tutti i fatti riferiti riguardano i bradisismi delle coste e dei fondi marini. Anche nell'interno de' continenti non mancano indizî di lente oscillazioni del suolo; ma sono più difficili a constatarsi. Girardot attesta che nel Giura esistono certi villaggi, i quali al principio del secolo non potevano scorgersi l'uno dall'altro, e presentemente invece sono situati sulla medesima visuale. I mutamenti avvenuti nel clima durante i tempi storici e la corrosione dei letti dei torrenti e degli altri corsi d'acqua fanno credere, secondo Tissot, che tutta la regione alpina probabilmente è compresa in una grande area bradisismica ascendente (1).

Alcuni esempî di bradisismi locali verificatisi lungi dal mare sono riferiti dal professore M. S. De Rossi (2). Dalla chiesa di San Michele di Granajuolo (castello posto sul culmine di un poggio che guarda a levante i Bagni di Lucca) quaranta o cinquanta anni fa non vedevasi nè la chiesa di Santa Maria Assunta di Cotrone, nè la parrocchiale di S. Pietro di Corsena; essendo la prima nascosta dal poggio di Majola, la seconda da quello di Corsena. Ora invece ambedue queste chiese sono chiaramente visibili dall'altura di San Michele. Un fatto simile si notò a Subiaco, dove presentemente si scorgono alcune parti del paese di Jenne, che pochi lustri addietro erano invisibili.

11. I bradisismi presentano due caratteri generali, che sono la *lentezza* e *l'intermittenza*.

Anzitutto le oscillazioni del suolo sono sempre molto lente. Un abbassamento od un sollevamento del suolo che raggiunge il valore di 1 metro per secolo, ossia un centimetro in un anno, è già un bradisismo relativamente rapido. La grande lentezza delle oscillazioni della crosta terrestre è un fatto constatato da tutte le osservazioni moderne fatte su questi fenomeni; ma più ancora la si argomenta dalle ripiegature subìte dagli strati rocciosi per effetto dei bradisismi. Noi vediamo, infatti, la maggior parte degli strati che costituiscono le montagne ripiegati e contorti in mille guise. Orbene, è evidente che la forza, che ha ripiegato in tal modo roccie solide e durissime, quasi fossero di molle e sottile pasta, deve avere agito sopra di esse con estrema lentezza. In caso diverso le rocce non si sarebbero piegate, ma frantumate. Lyell cita in conferma di questa tesi le marne di Castrogiovanni in Sicilia, che formano delle curve molto regolari ed unite, mentre gli straterelli di gesso interposti, essendo più rigidi, non hanno potuto tener dietro all'incurvamento e si sono spezzati in minuti frantumi.

La velocità con cui si compie un bradisismo in generale non è uniforme: ma spesso si rallenta fino a cessare totalmente per un tempo più o meno lungo, per riprendere poi nuovamente nel medesimo senso. Un fatto, che attesta nel modo più evidente questa *intermittenza* delle oscillazioni della crosta del globo, è la formazione dei *terrazzi litorali*.

Supponiamo che una costa emerga dal mare e formi una spiaggia a pendio piuttosto dolce. Se il sollevamento cessa o diventa lentissimo, l'onda marina a poco a poco demolirà quella costa, ed avremo, dopo un certo lasso di tempo, una parete verticale, ai piedi della quale si formerà una nuova spiaggia pressochè piana. Ora, se supponiamo che il sollevamento riprenda la velocità primitiva, la costa dirupata sarà portata più in alto, ed il basso litorale, innalzandosi, formerà un terrazzo che si stende ancora al piede dell'antica parete. Se il moto ascensionale offre una seconda sosta, il lavoro di erosione comincierà contro la parete recentemente sollevata, e si formerà una seconda costa dirupata, separata dalla prima mediante un terrazzo. Nel medesimo modo, se il bradisismo ascendente riprende altre volte, si formeranno altrettanti gradini simili al primo.

Bellissime sono le gradinate che si osservano sulle coste della Morea, della Sicilia e della Calabria. La fig. 355 (1) è una veduta presa dal porto di Messina. Di fronte si vedono le coste della Calabria, che disegnano un regolarissimo sistema di terrazzi, alla si-

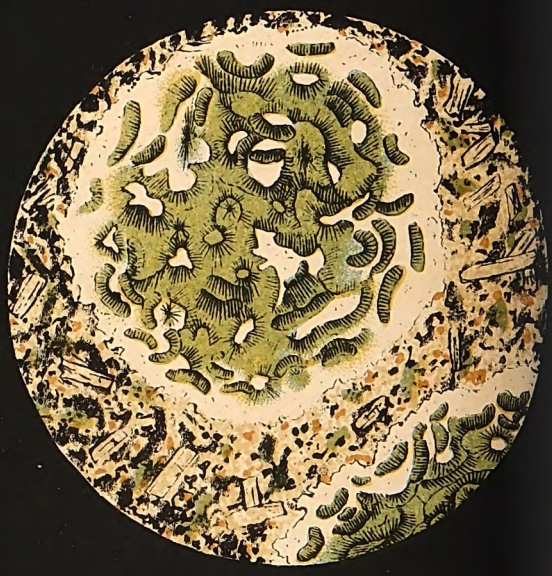
(1) E. Tissot, *Les mouvements des montagnes*, Annecy 1876.

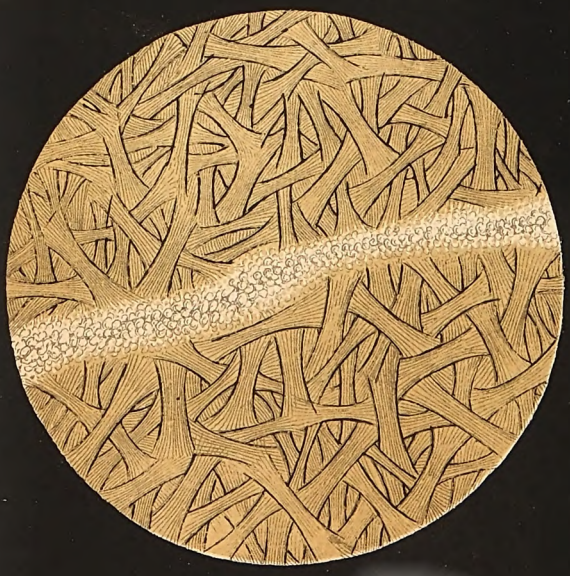
(2) De Rossi. *Meteorologia endogena*, Vol I. pag. 184 e 187.

(1) Questa veduta tolta dal *Corso di Geologia* dello Stoppani è stata presa sul luogo dal compianto ingegnere geologo Emilio Spreafico.

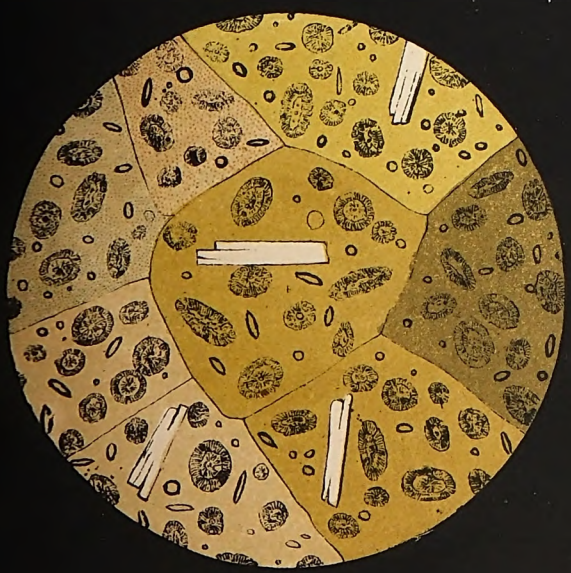
Digitized by Google

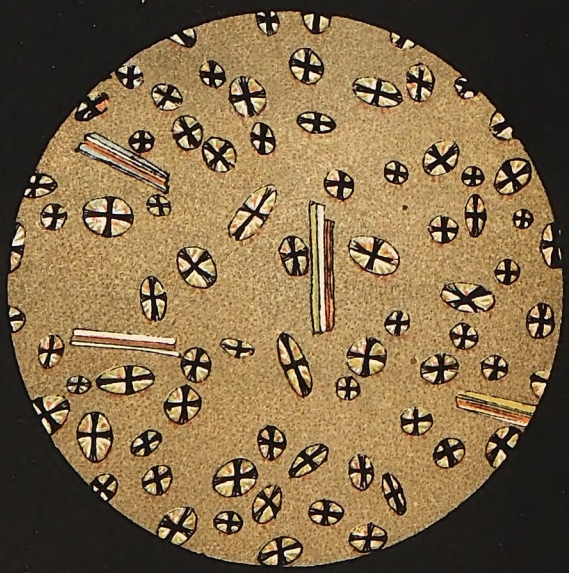
Digitized by Google





Digitized by Google





Digitized by Google

Digitized by Google

nistra il faro, posto alla estremità di una lingua di terra, che si spicca dalla base di un terrazzo.

L' intermittenza dei lenti abbassamenti del suolo è attestata nel modo più luminoso dalla esistenza di molti letti di carbon fossile, sovrapposti nella medesima località. Brown, per esempio, ne ha contati 56 nel distretto carbonifero di Sidney. Siccome la geologia insegna che ciascun letto di carbon fossile rappresenta un'antica foresta cresciuta in posto, e poi sommersa e sepolta per un avvallamento

Fig. 355.

del suolo; così il terreno carbonifero di Sidney ci rappresenta un suolo, che nell' epoca carbonifera ha subito un lento abbassamento interrotto 56 volte da lunghissime soste.

12. I bradisismi, sebbene fenomeni lentissimi, cagionarono, anche nel breve corso dei tempi storici, modificazioni importantissime nella oro-idrografia terrestre.

Per effetto dei sollevamenti: 1.° la terraferma in molti luoghi si avanza dentro il mare, le coste vengono terrazzate ed erose e scavate a diversi livelli dal moto ondoso del mare, e nell' interno della terraferma i fiumi possono prendere un corso più rapido ed essere convertiti in torrenti, i laghi, e le paludi essere prosciugate ecc.: 2.° scogli e banchi madreporici vengono portati a diverse altezze sul livello del mare, e convertiti in isole; molte isole diventano penisole, ed i golfi, le baje diventano più anguste, ovvero si convertono in stagni o lagune. L' isola Diomida, per esempio, lungo il litorale della Siberia era in tempi storici circondata per ogni parte dall'acqua, ora invece è unita al continente (1).

(1) Issel, *Op. cit.* pag. 44.

I lenti abbassamenti del suolo fanno avanzare il mare sulla terraferma, indipendentemente dell' erosione marina, determinano la scomparsa di secche, scogliere ed isole, e la conversione di penisole in isole. Il promontorio di Mont-Saint-Michel in Normandia, per esempio, ora è circondato per ogni parte dal mare. In altra parte di quest' opera si è già visto la parte importantissima che hanno i lenti abbassamenti del fondo dell'oceano nella formazione delle isole madreporiche (1).

Se tanto importanti sono gli effetti dei bradisismi, compiutisi nel breve spazio dei tempi storici, si argomenti quali profonde modificazioni abbiamo potuto arrecare alla oro-idrografia terrestre le lente oscillazioni del suolo, durante le passate epoche geologiche, perdurate milioni e milioni d'anni.

I moderni geologi sono concordi nell'attribuire ai bradisismi l'emersione degli antichi fondi marini, destinati a costituire nuovi continenti e la sommersione di antiche terre, che ritornano in seno al mare donde son nate. La geologia ci ha rivelato che per effetto di bradisismi in tutte le parti del Globo alternarono molte volte le onde tranquille o tempestose del mare, con la terraferma arida e deserta ovvero vestita di lussuriosa vegetazione e brulicante di animali. Tanto che la storia geologica del nostro globo si può dire un ampio e continuato commento delle parole di Ovidio:

Vidi ego quod fuerat quondam solidissima tellus,
Esse fretum; vidi factas ex aequore terras.

I mutamenti orografici ed idrografici, che avvengono alle superficie terrestre, portano seco come necessaria conseguenza notevoli cambiamenti nei climi e nella distribuzione degli animali e delle piante. I bradisismi quindi hanno una influenza indiretta, ma grande, anche nella climatologia terrestre e nello sviluppo del mondo organico vegetale ed animale.

13. I bradisismi adunque convengono colle

(1) Vedi sopra pag. 270 e seguenti.

Digitized by Google

eruzioni vulcaniche, coi fenomeni geyseriani, e coi terremoti in ciò che tutti questi agenti concordemente reagiscono contro l'azione degradatrice e livellatrice delle forze telluriche esogene. L'atmosfera, le pioggie, le acque correnti, ed il mare corrodono le rocce, demoliscono le montagne, e, sotto la loro azione concorde, indefessa, potentissima sarebbe inevitabile la demolizione delle catene montuose, e la scomparsa delle terre emerse abitate dalle piante, dagli animali e dall'uomo. A scongiurare questo avvenimento, tanto dannoso a tutti i viventi, sono ordinate provvidenzialmente le forze sismo-vulcaniche della Terra. Più di 300 vulcani eruttano attualmente ceneri, lapilli, ed enormi correnti di lava, creando sotto ai nostri occhi, quasi per incanto, nuovi monti ed isole nuove, per sostituirle alle isole ed ai monti vecchi distrutti dalle forze esogene. Le salse, i geysers, le acque termo-minerali, supplendo col numero alla poca intensità dei loro effetti, coadjuvano i vulcani nella loro azione rigeneratrice. Ed al medesimo scopo tendono i movimenti rapidi e lenti della crosta della Terra. Per essi le nuove rocce, che vanno rapidamente generandosi in mare, emergono, dalle onde, e, sollevate a migliaja di metri di altezza, piegate, spezzate, formano nuovi monti e nuovi continenti.

CAPITOLO VII.

LA CROSTA DEL GLOBO (1)

DEL PROF.

ANTONIO STOPPANI

« Nec species sua cuique manet, rerumque novatrix
» Ex aliis alias reparat natura figuras.
» Nec perit in tanto quidquam (mihi credite) mundo;
» Sed variat, faciemque novat: nascique vocatur,
» Incipere esse aliud, quam quod fuit ante; morique
» Desinere illud idem, cum sint huc forsitan illa
» Hæc traslata illuc: summa tamen omnia constant. »

OVIDIO, *Metamorfosi*, Libro XV. Fav. III.

La crosta del globo nell'ipotesi di Laplace.

1. L'uso di questa parola *crosta*, per indicare la porzione superficiale o perimetrica, composta di solidi, dello sferoide terrestre, ci rimanda all'epoca non molto lontana, in cui fu proposta e universalmente adottata la cosiddetta ipotesi di *Laplace*, la quale, svolta ampiamente da questo sommo astronomo e geometra, era stata già prima messa fuori in germe da Cartesio e da Leibnitz. È noto anche ai bambini che, stando a quell'ipotesi, il globo non sarebbe stato in origine che piccola porzione di una primitiva nebulosa sconfinata, rotante nell'immensità degli spazi, nella quale erano fusi uniformemente tutti i corpi celesti, che formano attualmente il sole e il cosiddetto sistema solare, cioè tutti i pianeti, coi rispettivi satelliti. Da quella nebulosa roteante si staccarono, sempre secondo l'ipotesi, l'uno dopo l'altro, certi anelli, allo stato ugualmente di nebulosa; e questi successivamente, per

(1) La materia di questo capitolo è quella che, svolta in dettaglio, forma la parte principale dei trattati di geologia e di mineralogia. Molte delle opere che si possono consultare furono già indicate nella bibliografia al capitolo che tratta delle montagne. Proponiamo ora come più opportuni i seguenti trattati: — L. BOMBICCI, *Corso di mineralogia*, Bologna 1875; — A. BURAT *Géologie practique*, Paris, 1859; — A DELESSE, *Études sur le metamorphisme des roches*, Paris, 1858; — LEONHARD, *Geologie*, STUTTGART, 1836; — LYELL, *Manuale di geologia* (edizioni e traduzioni in diverse lingue); — DANA, *Manuel of geology*; — STOPPANI, *Corso di geologia*, Milano, 1871-73; — AR. GEIKIE, *Text-Book of Geology*, Londra, 1882.

Digitized by Google

effetto della forza centripeta, si andarono riunendo e condensando ciascuno in globo; continuando però per effetto del moto primitivo della gran nebulosa rotante, combinato colla forza d'attrazione di tutta la massa verso il centro comune, a rotare, mentre la parte maggiore, rimasta per attrazione riunita intorno al centro, formava il sole. Dei globi rotanti, divenuti così pianeti nebulosi, in preda al doppio movimento di rivoluzione intorno al centro comune, e di rotazione intorno al proprio asse, si staccarono altri anelli, che pur riuniti in globi, divennero loro satelliti, aggiungendo ai due moti suddetti quello di rivoluzione intorno al rispettivo pianeta. In mezzo al gelo degli spazî, tutte quelle nebulose, dalla massima che oggi è il sole, fino alla minima, che potrebbe cercarsi in alcuno dei più piccoli satelliti di Giove o di Saturno, irradiando d'infinito calore ond'era accesa la nebulosa primitiva, si andarono sempre più raffreddando, e quindi condensando. Venne un momento in cui le sostanze componenti ciascuna delle nebulose formatesi, dallo stato aeriforme, dovettero passare gradatamente e successivamente allo stato liquido. Ci fu dunque un tempo in cui e pianeti e satelliti non erano che liquidi globi. Ma il continuo raffreddamento obbligò mano mano le liquide sostanze a passare allo stato solido. Il consolidamento doveva naturalmente aver luogo alla superficie, esposta com'era immediatamente all'azione frigorifera degli spazî. Perciò su ciascun pianeta e su ciascun satellite formossi una crosta solida, rimanendo al di fuori le sostanze ancora gazzose, cioè le più ribelli al consolidamento, a formare un'atmosfera, che doveva mano mano liquefarsi e solidificarsi, deponendo le sostanze che si sarebbero consolidate più tardi. Sotto la crosta poi rimasero, o piuttosto rimangono, le sostanze liquide, formando un nucleo di minerali in fusione. Ognuno vede che in questo stato di cose, sempre secondo l'ipotesi, la crosta doveva andarsi e andrà ingrossando; mentre il nucleo doveva e deve ogni giorno più impiccolirsi, finchè quest'ultimo scomparisca affatto, rimanendo ciascuno dei pianeti e dei satelliti, non che lo stesso sole, nelle condizioni di un globo solido. Non occorre il dire che le stesse sostanze aeriformi, cioè i vapori e i gas, formanti a ciascuno di quei corpi celesti un involucro atmosferico, dovranno esse pure cedere alla pressione liquefacente e solidificante degli spazî gelati, finchè il sistema solare non sarà diventato che un sistema di globi totalmente solidi e ghiacciati, rotanti intorno ad un sole totalmente freddo e coperto di caligine infinita.

2. L'applicazione di questa grandiosa profetica ipotesi alla Terra è presto fatta. Il nostro pianeta non fu in origine che uno degli anelli staccatosi dalla primitiva nebulosa solare, per formare un globo nebuloso animato dai due moti di rivoluzione e di rotazione. Un unico anello di second'ordine, staccatosi da questo nebuloso pianeta, divenne l'unico suo satellite, cioè la Luna. Questa, consistendo in una massa relativamente piccolissima, più presto fu vittima di quel processo fatale, a cui furono o saranno soggetti tutti gli altri corpi celesti con una lentezza da calcolarsi in proporzione diretta delle masse rispettive. La luna infatti è ritenuta generalmente dagli astronomi come un globo solido e freddo, già privo di qualunque atmosfera. La Terra invece, forte della sua mole, si regge e si reggerà ancora per molti secoli in quello stato intermedio, in cui la materia dei corpi celesti si trova parzialmente, secondo la natura degli elementi, nei tre diversi stati solido, liquido e aeriforme. L'atmosfera che la involge, composta quasi esclusivamente d'ossigeno e d'azoto, è un residuo della nebulosa primitiva, rispettato dal gelo degli spazî, stante la difficoltà di produrne la liquefazione e il consolidamento. La superficie solida, che si mostra ai nostri sguardi, è quella di una crosta, formata dal consolidamento, che si protrae fino ad ignota profondilà. Su questa superficie vanno alternatamente liquefacendosi o convertendosi in vapori vaganti nell'atmosfera le acque, a misura che il sole alterna, secondo i tempi e i luoghi, i suoi calori o le sue ombre sulla superficie del globo. Perciò quella seconda specie d'involucro di vapori, ossia di acque, di nevi o di ghiaccio involge, quasi altra atmosfera, la Terra. Sotto quella crosta solida d'ignota profondità sta il liquido, formato da una primitiva condensazione, rappresentante anche in oggi la massima parte, per non dire la totalità della massa del pianeta. Infatti le esperienze eseguite circa la progressione sempre crescente del calore verso il centro (calore che nell'ipotesi di Laplace sarebbe ciò che rimane del calore iniziale immenso della primitiva nebulosa) dicono che le sostanze del globo non potrebbero mantenersi solide che ad una profondità relativamente piccolissima. Perciò il pianeta Terra figurerebbe come una gran massa liquida, coperta da una sottilissima crosta, che la racchiude, come l'uovo è contenuto

Digitized by Google

nel guscio. A questa che chiameremo piuttosto pellicola che crosta, si assegnerebbe uno spessore di 50 a 60 chilometri o poco più. Come si trattasse di un frutto, similitudine più comunemente adottata, o d'una palla di solfo, di metallo, o in genere di materia fusa, consolidata per raffreddamento superficiale all'esterno, quella pellicola chiamossi *scorza*, *corteccia*, e più comunemente *crosta;* come chiamossi *nucleo* la porzione liquida contenuta entro il solido involucro.

L'ipotesi di Laplace, che dava ragione ad una volta del passato, del presente e dell'avvenire del globo, anzi dell'universo, doveva naturalmente attrarre le simpatie, destare gli entusiasmi, guadagnarsi gli animi degli uomini della scienza, i quali, al pari dell'infimo dei mortali, trovano così difficilmente il coraggio che basti a confessare la propria ignoranza. Dal momento che il celebre astronomo ebbe pubblicato il suo *Sistema del Mondo*, quell'ipotesi parve, più che luminosa meteora, un astro destinato a brillare d'eterni splendori nel firmamento; esso divenne come il punto di partenza di tutti i trattatisti di astronomia, di geologia, di geografia fisica, e la base di tutte le questioni relative all'origine ed allo svolgimento del Cosmo. Ma oggi che la famosa ipotesi, dopo più di un secolo d'infruttuoso cammino, si può ritenere giunta, o almeno assai prossima al tramonto; oggi che essa non vive ormai che nelle gratuite affermazioni di una scienza affatto tradizionale; oggi che almeno si può ritenere come dimostrato, razionalmente ed esperimentalmente, non trovarsi, nè potersi trovare sostanza liquida di sorta nell'interno del globo ad una certa profondità; la parola *crosta* rimane soltanto per significare la porzione superficiale della massa solida del globo, ossia, volendosi specificar meglio il concetto, la porzione accessibile mediante escavazioni, fin dove venne realmente in alcuni punti, raggiunta.

Dire come questa *crosta* sia composta, originata e costituita, sarebbe non solo un entrare nel campo della geologia, ma un percorrerlo quanto è vasto. Ci limiteremo dunque ad alcune nozioni, che possono più direttamente interessare la geografia fisica e la stessa geografia generale.

Corpi semplici o elementari.

3. Cominciando dalla composizione elementare della crosta del globo, quando si fossero enumerati gli *elementi,* ossia i *corpi semplici* di cui fino ad oggi è in possesso la chimica, non ce ne sarebbe nessuno nè da aggiungere nè da levare per dir quelli che compongono la parte corticale del pianeta.

Prescindendo dall'acqua, che penetra non solo nella porzione superficiale, ma fino alle massime profondità di cui si possa in qualunque modo avere contezza, e dai gas, compresavi la miscela aerea, che riempiono tutti i vacui superficiali e si svolgono anch'essi certamente da grandi profondità, tutti gli elementi vi si trovano o liberi o combinati. allo stato solido, formando un tutto, che si può definire uno sferoide solido, sotto il doppio involucro dell'atmosfera e del mare.

Però per la massima parte quelli scoperti dal chimico si possono chiamare elementi di lusso, mentre i veri componenti sono pochissimi. Essi si ridurrebbero a 13, secondo i calcoli del Dana, di cui il seguente specchio dà il nome ed esprime l'importanza relativa. Diviso il globo in 1000 parti, i 13 elementi vi figurerebbero come segue:

Ossigeno	500	millesimi
Silicio	250	»
Alluminio, Magnesio, Calcio, Potassio, Sodio, Ferro, Carbonio	227	»
Solfo, Idrogeno, Cloro, Azoto	23	»
	1000	

L'esperienza di ciascuno e le più elementari notizie che ciascuno possiede circa la costituzione dei corpi bastano a dimostrargli che i citati 13 elementi sono quelli realmente che hanno quell'importanza che il Dana assegna a ciascuno. Infatti l'ossigeno, che si può chiamare il principe degli elementi, entra come costitutivo di tutte le rocce e rappresenta da solo la metà della crosta terrestre. Per metà o quasi ne sono composte le sabbie, le argille, i calcari, le rocce vulcaniche, ecc; senza dire che l'ossigene è il primo dei quattro grandi costitutivi dei corpi organici, cioè il primo elemento dell'animalizzazione del globo. Il silicio, che, secondo il Dana, rappresenta $^1/_4$ della crosta terrestre, entra nella composizione delle rocce suddette, nelle quali rappresenta ove il 40, ove il 60 $^0/_0$. L'alluminio, combinato coll'ossigeno, forma l'allumina, che è la

Digitized by Google

base delle argille e dei silicati costituenti la massima parte delle rocce. Con esso rivaleggia il magnesio, a cui si accosta il calcio, che entra pure nella composizione di molti silicati, e combinato coll'acido carbonico forma le grandi masse calcaree. Quello che vedremo in seguito ci darà del resto le prove di quanto abbiam detto sulla relativa importanza tanto degli elementi nominati, quanto del potassio, che è la base metallica della potassa, del sodio che è la base della soda e del sal marino, del ferro, sparso si può dire in tutti i prodotti della natura, del carbonio, principale elemento dei combustibili fossili, finalmente del solfo, dell'idrogeno, del cloro e dell'azoto, che pure, o come principali o come accessorî, si scoprono dovunque nell'aria, nell'acqua e nella massa solida della terra.

I minerali.

4. Gli elementi, combinandosi tra loro, formano i minerali. Veramente alcuni degli elementi si trovano liberi alla superficie, e nell'interno del globo, e costituiscono i cosidetti *minerali nativi*. L'oro, il platino, l'argento, il rame ecc. si trovano infatti sovente allo stato nativo, liberi cioè da qualunque combinazione cogli altri elementi. Ma se parliamo de' 13 elementi numerati, i quali, come abbiam detto, sono i soli ad avere una decisa importanza nella composizione della crosta terrestre; se prescindiamo dall'ossigeno e dall'azoto, che si trovano liberi nella miscela aerea, dallo solfo, che si trova anche da solo in grandi masse, e dal carbonio, che si scopre allo stato nativo, in via affatto eccezionale, nel diamante e nella grafite; tutti gli altri, ed ordinariamente anche i pochi che abbiamo eccettuati, non si presentano che combinati tra essi a due, a tre, a quattro, ed anche in numero maggiore, formando così la quasi totalità dei minerali componenti la crosta del globo.

I minerali sono dunque corpi composti di elementi, combinati per lo più allo stato solido, in certe definite proporzioni, e sotto certe forme geometriche, definite e regolari nelle singole specie, che si chiamano cristalli (Fig. 356). Quello che riguarda i minerali, in quanto non si presentano sotto forma cristallina, si riferisce, piuttosto che ai minerali stessi, alle rocce ed alle formazioni, cui li vedremo comporre.

Se il chimico conta gli elementi a decine, il mineralogista numera a centinaja, anzi a migliaja le specie minerali, che si trovano sparse in seno all'involucro terrestre, ed anzi lo compongono. Ma anche quì dobbiam dire che pochissimi sono quelli che meritano veramente il nome di componenti, presentandosi in tale copia da costituire le grandi masse (*rocce e formazioni*) da cui è infine realmente costituita la massa solida del pianeta.

I minerali che meritano veramente il nome di componenti si possono dividere in quattro gruppi.

Il primo gruppo comprenderebbe i minerali che chiameremo *elementari*, quelli cioè che abbiam detto formati immediatamente da un solo elemento allo stato libero. Tra questi una vera importanza non può assegnarsi che allo solfo, il quale, o cristallizzato o amorfo, si trova, come abbiam detto, in grandi masse nelle regioni vulcaniche, o si unisce ad altri minerali, per formarne altri, anche lontano dai centri di attuale attività vulcanica.

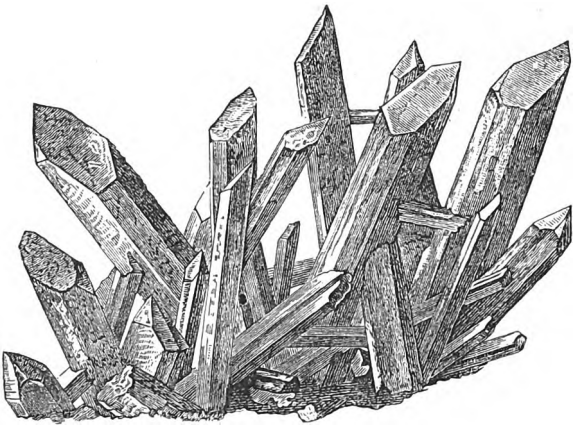


Fig. 356. — Gruppo di cristalli di quarzo.

5. Il secondo gruppo consta di un certo numero di *composti primi*, formati cioè di ossigeno, in combinazione con uno solo degli altri elementi. Il primo e il più importante di questi composti primi, perchè il più sparso in natura, è l'*acido silicico*, ossia la silice, nota allo stato libero sotto la forma non cristallina della *piromaca*, della *calcedonia*, dell'*opale*, dell'*agata* ecc, o sotto la forma cristallina del *quarzo*. Quest'ultimo, o in cristalli, o in ciottoli, o in grani, è tanto sparso in natura ed entra nella composizione di tante masse rocciose, che non andrebbe troppo lontano dal vero chi gli volesse assegnare il primo posto fra i componenti della crosta del globo.

Digitized by Google

Il quale primo posto poi gli compete senz'altro, se l'acido silicico si considera come il composto primo, che si combina con altri elementi od altri composti primi, per formare i composti più complicati, di cui tosto vedremo. Alla silice tien dietro l'ossido di ferro, il quale però non si trova che eccezionalmente allo stato di vera purezza, ma forma grandi masse, mescolato con altri minerali in dose minore. Gli altri composti primi, come la calce, l'allumina, la magnesia, la potassa, la soda ecc, si può dire che non si ottengono mai altrimenti che per mezzo di processi artificiali, mentre in natura non si trovano allo stato nativo che in via assolutamente eccezionale.

C'è tuttavia un composto primo, che d'ordinario noi non conosciamo perfettamente libero e allo stato liquido, il quale però va considerato come il principale fattore; anzi come il vero generatore di tutti i minerali, e quindi della stessa crosta solida del globo. Esso è l'acqua, che chimicamente può definirsi un *ossido d'idrogene,* che fa la parte di medio universale in tutti i tre regni della natura. Se infatti la più volgare esperienza ci mostra che l'acqua è elemento di prima necessità nella generazione, nell'incremento e nelle diverse funzioni degli animali e dei vegetali, la geologia ci ha condotti ormai a questi risultati che non c'è generazione nel regno minerale, la quale che non si operi per mezzo dell' acqua, e non c'è minerale che, o molto o poco, non ne contenga.

Due altri composti primi d'importanza grandissima si presentano in natura, liberi soltanto allo stato di gas. Sono il gas acido carbonico e il gas solfidrico, i quali noi numeriamo tra i principali componenti della crosta del globo, in quanto operano od hanno operato, in concorso coll'acqua, alla generazione di alcune masse minerali, costituenti vaste porzioni della crosta terrestre.

Come risulta da quanto ne abbiam detto fin quì, questi composti primi, ad eccezione della silice, dell'acqua e dei gas carbonico e solfidrico, ben di rado si trovano liberi e soli, mentre ordinariamente si presentano misti o combinati con altri. Queste combinazioni dei composti primi danno luogo al 3° e al 4° gruppo di cui ci rimane a parlare.

6. Il terzo gruppo consta di composti tripli, cioè di minerali formati colla combinazione di tre elementi, ossia di due composti primi. I principali sono i seguenti.

Cloruro di sodio (salgemma e salmarino). Questo minerale composto di soda e di acido clorico, dal quale dipende specialmente la salsedine delle acque marine, si trova anche in grandi ammassi sotto forma di banchi, in seno alla terra, in quasi tutte le regioni del globo. Come minerale in massa, è quello tra i sali che si trova nello stato della maggiore purezza.

Idrocarburi. — I minerali composti principalmente di idrogeno e carbonio, con poca quantità d'ossigeno, formano in natura una nnmerosa famiglia di minerali. L'unico di essi che si trovi allo stato di gas, e si svolge continuamente dalla crosta del globo, è il cosiddetto gas idrogeno carburato, o gas delle paludi, o gas illuminante. Molti idrocarburi invece formano tra loro delle miscele allo stato liquido, e sono i così detti petrolî, che la stessa crosta del globo imbevono sopra vaste estensioni in tutte le parti del mondo. Ma gli stessi idrocarburi, combinati con una porzione minore o maggiore di ossigeno, si trovano in considerevoli ammassi allo stato solido. Sono le peci minerali, i bitumi, gli asfalti ecc. Agli idrocarburi solidi possono accostarsi i *carboni,* perchè infatti si può considerarli quasi altrettanti idrocarburi, combinati con porzione maggiore o minore di ossigeno e di qualche po' d'azoto. Ma i carboni, ossia i combustibili fossili, stante la loro origine e il loro modo di presentarsi, piuttosto che tra i minerali, devono mettersi tra le rocce d'origine organica di cui diremo più tardi.

Carbonato di calce. — La calce combinata coll'acido carbonico, costituisce uno dei minerali più sparsi in natura in grandi masse. Cristallizzato e nello stato di massima purezza, costituisce lo *spato calcareo* o calcite e l'*aragonite*. Allo stato di minore purezza, amorfo, combinato o misto con minerali diversi, costituisce i *calcari*, o rocce calcaree, che vedremo figurare tra i massimi costitutivi della crosta terrestre.

Solfato di calce. — Il solfato di calce, detto comunemente gesso, si presenta pure comunemente in masse considerevoli, sovente cristallizzato, e più spesso allo stato litoide, ossia amorfo. Quando sia privo della cosiddetta acqua di cristallizzazione, la quale entra come essenziale costitutivo del gesso come di tutti i minerali *idrati*, chiamasi *anidrite*. Questa è più dura del gesso, talmente che s'impiega abbastanza bene anche in lavori di scultura.

Dolomia. — La dolomia dei mineralogisti, che si trova talvolta in bellissimi cristalli, consta, in eguali proporzioni, di carbonato di calce e di carbonato di magnesia. Non sa-

Digitized by Google

rebbe più dunque un composto triplo ma quadruplo. In grandi masse però, quella che si dice dolomia, è piuttosto un calcare, ossia un carbonato di calce, a cui si unisce in proporzioni maggiori o minori il carbonato di magnesia, che ne rappresenta tutt'al più la ventesima, la trentesima e talvolta anche la quarantesima parte. Quando il carbonato di magnesia vi si presenta in proporzioni minori delle indicate, è più presto chiamata calcare magnesiaco.

Carbonato di ferro o ferro spatico. — In questo minerale, che si presenta pure in grandi masse, l'ossido di ferro è combinato col carbonio, o, diremo meglio, coll'acido carbonico, in proporzioni pressochè eguali.

7. Il quarto gruppo si compone di minerali quadrupli, cioè composti almeno di quattro, sovente di un numero maggiore d' elementi, quindi di tre, e sovente di un numero maggiore di composti primi. Quelli che interessano veramente la crosta del globo e ne costituiscono indubbiamente la massima parte si limitano ad una famiglia, per altro numerosissima, di minerali cristallizzati, dei quali la silice forma invariabilmente la base, combinandosi con un certo numero di composti primi, dei quali i principali sono: l' allumina, la magnesia, la potassa, la soda, la calce e l'ossido di ferro. Perciò questi minerali chiamansi silicati, facendo la silice, chimicamente parlando, la parte di acido. Quanto ai composti primi, che abbiamo detto combinarsi colla silice nella formazione di questi silicati, sono da considerarsi come principalissimi l'allumina e la magnesia, talchè i silicati stessi possono dividersi in *silicati albuminosi* e *silicati magnesiaci*.

I principali silicati albuminosi sarebbero i *feldspati*, l'*anfigene* e il *granato;* i principali silicati magnesiaci il *serpentino*, il *talco*, l'*olivina*, i *pirosseni* e gli *anfiboli*. Siccome però l'allumina e la magnesia, in dose maggiore o minore, si uniscono quasi invariabilmente nella formazione dei suddetti silicati, così ve n'ha alcuni i quali non si saprebbe se meglio collocarli tra gli albuminosi o tra i magnesiaci; per esempio, la *clorite* e diverse specie di *mica*. Diamo un breve cenno sulla natura dei minerali nominati.

Si applica il nome generico di *feldspato* ad una serie di silicati di *allumina*, *potassa*, *soda* e *calce*, che hanno comuni i caratteri seguenti: 1.° Colore debole, dal bianco pallido al roseo, al giallastro, al verdognolo ecc. 2.° Peso specifico dal 2.50 a 2.75; 3.° Durezza appena inferiore al quarzo; 4.° Struttura cristallina lamellosa e forme cristalline analoghe, in generale molto regolari e distinte; 5.° Perfetta fusibilità a temperatura elevata. Stante la differente quantità proporzionale della silice ed altre differenze più accidentali, i feldspati presentano molti tipi, ossia specie diverse, di cui le principali sono: l'*ortose* a base di potassa, l'*albite* a base di soda, la *labradorite* a base di calce, l'*oligoclase* a base tripla di potassa, di soda e di calce. I felspati sono certamente i minerali che entrano in parte maggiore nella composizione della crosta del globo. Formano infatti, come vedremo, la parte maggiore delle grandi masse cristalline d'origine vulcanica. La loro decomposizione ha dato e dà luogo alle argille ed alle rocce argillose, che presentano in tutte le parti del globo un sì prodigioso sviluppo. Entrano, quasi senza eccezione, come primari componenti del suolo vegetale, ed è da essi che la vegetazione ripete quei tre elementi di così grande importanza per lo sviluppo dei vegetali, che sono la potassa, la soda e la calce.

L'*anfigene* o leucite, minerale che fu prodotto in tanta copia dai vulcani d'epoca recente, nominatamente in Italia, ha molta analogia col feldspato, a cui appunto si sostituisce nelle lave cosidette *anfigeniche*.

Il *granato*, colle sue belle varietà, abbonda grandemente nelle rocce cristalline.

Il *serpentino*, facilmente noto pel suo color verde, è un silicato di magnesia di varia composizione. Questa vi si trova combinata in proporzione di 35 a 38 p. $^0/_0$ con 40 a 35 p. $^0/_0$ di silice, colla sola aggiunta di una piccola dose di protossido di ferro. Il serpentino costituisce da solo delle vere montagne.

Il *talco* si accosta moltissimo al serpentino quanto alla composizione e al colore; ma è talmente molle, che si scalfisce coll'ugna; ha uno splendore grasso ed è dolcissimo e untuoso al tatto. Sono innumerevoli le masse rocciose nelle quali il talco entra come essenziale costitutivo, costituendo delle masse a sè, che sono conosciute sotto nome di *pietre ollari*, di *pietre saponarie* o *steatiti* ecc.

L'*olivina*, detta anche *peridoto*, è un minerale d'un bel verde, composto di silice e di magnesia quasi in porzioni uguali, con abbondante dose di protossido di ferro. Abbonda nelle lave d'epoca relativamente recente.

La combinazione della silice colle tre basi calce, magnesia e protossido di ferro, dà origine ad una serie di minerali che si distinguono in *pirosseni* ed *anfiboli*. Nei pirosseni

Digitized by Google

è scarsa la magnesia, abbondante la calce; negli anfiboli si disputano il primato la magnesia e il protossido di ferro. Tanto i pirosseni però quanto gli anfiboli sono sparsi in estrema abbondanza entro la crosta del globo, formando parte costituente di moltissime rocce cristalline, ossia vulcaniche, antiche e moderne. Nella clorite il primato si disputa tra l'allumina e la magnesia, a cui si unisce il ferro, con una dose straordinaria di acqua. Quest'ultima si trova in proporzione di 12 a 15 p. %. È facile distinguere la clorite nelle rocce compatte, e più ancora nelle sabbie e nelle rocce sabbiose, dove è abbondantemente disseminata in pagliette verdi.

Il minerale chiamato *mica* è, a non dubitarne, il più volgarmente noto, per la sua trasparenza, pel suo splendore d'argento, e per la sua cristallizzazione in gruppi o pile di lamine sottilissime, della trasparenza del vetro, facilissime a staccarsi l'una dall'altra. Per dire quanto la mica sia abbondante, basta ricordare come la si vede dappertutto luccicare nel suolo ai raggi del sole. Il motivo è questo che il suolo deriva principalmente dalla scomposizione di masse rocciose enormi, sparse in tutte le regioni del globo, come i graniti, i gneis, i micaschisti, di cui la mica è parte integrante. Quanto alla composizione, la mica rappresenta, piuttosto che un minerale, una grande famiglia di minerali, somiglianti tra loro nell'aspetto, non così nei componenti. Noto specialmente come le miche furono divise in magnesiache e non magnesiache, mentre in alcune specie la magnesia rappresenta da 16 a 25 p. %, e si riduce a zero in altre specie.

Le Rocce.

8. Abbiamo detto che gli *elementi* o *corpi semplici* sono i componenti della crosta del globo; ma poi abbiamo ripetuta l'istessa cosa dei minerali, e la ripeteremo parlando delle *rocce* e delle formazioni. La ragione si è che dalla combinazione degli elementi nascono i minerali; dalla unione o dallo sviluppo dei minerali hanno origine le rocce, e dall'unione e sviluppo delle rocce le formazioni. Si parla dunque sempre dell'istessa cosa, cioè degli elementi che si presentano realmente sotto forme e in combinazioni diverse, rimanendo però essi sempre i componenti del globo. Vediamo ora infatti come dalle loro combinazioni, da cui nacquero i minerali, si originano le rocce.

Le *rocce*, chiamate volgarmente sassi o pietre, sono dunque ancora i minerali, ma non più considerati nella loro individualità chimico-cristallina, ma in massa, od associati gli uni cogli altri per formare un composto di più minerali.

Chi getta un'occhiata sul letto d'un torrente, o sul selciato ciottoloso d'una città, s'avvede bentosto che sono moltissime le specie e le varietà delle rocce: sono difatti infinite. Con un po' d'esame tuttavia ciascuno può accertarsi potersi esse ridurre ad un piccolo numero di tipi o gruppi tipici.

Il primo gruppo è quello delle rocce semplici, cioè di natura omogenea, costituite da un solo minerale. Benchè trattisi tuttavia di un solo minerale, per esempio di calcare, di dolomia, ecc., l'individualità mineralogica sparisce, se si guardi tanto alla forma quanto alla composizione della roccia. Non si tratta più, nei due esempi citati, di *spato calcareo*, o di dolomia in *cristalli;* ma di massi in cui sono quasi soli, o almeno dominanti il carbonato di calce e il doppio carbonato di calce e di magnesia. I minerali in roccia sono sempre più o meno impuri, talora assai, trovandosi misti, per combinazione chimica o per aggregazione meccanica, ad altri minerali.

Il secondo gruppo è quello delle *rocce aggregate*, cioè composte di frammenti di minerali o di rocce, in forma di grani, di schegge, di ciottoli, di massi. Esse ci mostrano già per sè come i materiali, componenti attualmente la crosta del globo, sono, non di prima, ma di seconda mano, cioè generate e forse rigenerate chissà quante volte col rimpasto di materiali preesistenti: il che è poi attestato luminosamente per tutte le rocce dalla geologia, come vedremo.

Al terzo gruppo appartengono le *rocce cristalline*, cioè composte di due, di tre, eccezionalmente di quattro minerali cristallizzati, che conservano anzi generalmente, più o meno distinta, la forma del cristallo propria di ciascun minerale. Questa forma è infatti quasi invariabilmente mantenuta almeno da uno dei minerali componenti, presentandosi gli altri sotto forma di pasta o di cemento cristallino, ovvero di frammenti o di grani cristallini, disseminati nella massa in proporzioni abbastanza costanti. Spesso la roccia cristallina è *porfiroide*, cioè composta di cristalli ben discernibili all'occhio nudo, ed anche molto grossi, come per esempio del *granito porfiroide*, nel quale i cristalli di feldspato raggiungono anche la lunghezza di un decimetro.

Digitized by Google

Molte rocce invece hanno una struttura *criptocristallina*, sicchè i cristalli non si distinguono che colla lente.

Il quarto gruppo comprende le *rocce cristalloidi*, composte anch'esse di uno, o più minerali cristallizzati. Questi minerali però vi si presentano non già come cristalli individui, ma come masse cristalline, componenti un tutto cristallizzato.

Quanto alla struttura delle rocce, essa è molto varia anche per quelle appartenenti allo stesso gruppo: nè le diverse specialità di struttura sono tutte visibili ad occhio nudo.

Una roccia è *massiccia*, se non presenta facili naturali divisioni, come il granito; *schistosa*, se composta quasi di foglie rocciose sovrapposte, come il micaschisto; *ardesiaca*, se si fende in straterelli sottili, come le ardesie; *concrezionare*, se composta di concrezioni sferoidali, come il calcare pisolitico; *alabastrina*, se ha una struttura a zone flessuose come l'alabastro; *fibrosa*, se ha la forma di un tessuto fibroso, come molti serpentini; *granulosa*, se composta di grani come l'arenaria; *porosa* o *cavernosa*, se sparsa di pori e di cavernosità visibili, come certe dolomie, e molte rocce cristalline d'origine vulcanica. Parlandosi principalmente delle rocce semplici, esse si distinguono fra loro per la presenza dei minerali associati a quello che forma principalmente la roccia. Così un calcare potrà dirsi *siliceo, micaceo, argilloso, ferruginoso, bituminoso*, ecc., se contiene silice, mica, argilla, ferro, bitume.

Passiamo ora a nominare le principali rocce di ciascuno dei gruppi distinti, indicandone brevemente i caratteri.

Rocce semplici.

9. Alle rocce semplici appartengono anzi tutto i *calcari* o *rocce calcaree*. Esse presentano un grande sviluppo in tutte le regioni del globo, formando da soli monti e catene di monti. Infinita è la loro varietà, e al tempo stesso estremamente varia la loro composizione, mentre il calcare che le costituisce, non mai assolutamente puro, si presenta ordinariamente associato ad una quantità considerevole di altre materie. Tra queste vanno più comunemente noverate la silice, l'argilla, l'ossido di ferro e di manganese e le sostanze carboniose o bituminose; alle quali sostanze v'ha principalmente attribuita la tanto varia colorazione delle rocce calcaree.

Il gruppo tipico delle rocce calcaree è quello dei veri *calcari*, di cui si numerano diverse specie. La più comune è quella del *calcare compatto*, a cui appartengono tutti i calcari capaci di bella levigatura che si chiamano marmi. Non fa bisogno di ricordare come ce ne siano di tutti i colori; come presentino le più strane accidentalità di struttura, e come finalmente siano sparsi, e molte volte interamente composti di avanzi organici di natura calcarea, cioè di conchiglie, di coralli e di testacei d'ogni genere. Perciò si distinguono i calcari *monocromi*, ossia unicolori; gli sfumati, i fioriti, gli zonati o alabastrini, nei quali i diversi colori sono sparsi a zone e sfumature; i *ruiniformi*, perchè composti di pezzi, derivanti da una prima spezzatura della massa spostati e poi di nuovo cementati, in guisa da presentare sulla superficie levigata quasi un paesaggio dipinto a rovina di mura e di castelli; i *venati* perchè sparsi di vene specialmente di quarzo o di spato calcareo; i *brecciati* perchè composti di pezzi o frantumi angolosi a modo di breccia; i *testacei* finalmente, perchè formati dall'accumulamento di conchiglie o d'altri testacei marini. Tra i testacei poi si distinguono con titolo speciale le *lumachelle*, ossia marmi composti di gusci di conchiglie generalmente bivalvi; i *calcari madreporici*, composti di coralli, o quasi direbbesi banchi di corallo pietrificati; i *calcari ad entrochi*, composti di articolazioni dei cosìdetti *crinoidi*, echinodermi articolati, che formano attualmente quasi piccoli arboscelli in fondo al mare, ma che in epoche lontane, assai più copiosi ed alti di statura, dovettero presentare l'aspetto di foreste sottomarine. Una seconda specie di rocce calcaree è quella che si chiama, con termine generico, *calcare concrezionare*. Comprende il *calcare incrostante*, sotto le forme di stalattiti, stalagmiti, alabastri, e incrostazioni diverse, in masse relativamente piccole: ma in masse molto grandi si trova sotto le forme dei *travertini* o *tufi calcarei*, i quali occupano già in Italia estensioni di più miglia quadrate, presentando in altre regioni del globo anche uno sviluppo molto maggiore; di *calcari pisolitici* e *calcari oolitici*, composti di piccole sfere calcaree, somiglianti a piselli o ad uovi di pesci o d'insetti.

Una terza specie è rappresentata dal *calcare terroso*, poroso, poco resistente, quasi terra appena asciutta. La roccia che si chiama *creta bianca*, è un calcare terroso che si sfascia tra le dita, e tinge come il gesso cotto. Sviluppatissimo sulle coste della Manica in

Digitized by Google

Francia e in Inghilterra, si spinge fino al mar Nero, e di là fino alle terre dei Chirghisi, con una vastità che supera quella dell'Atlantico settentrionale.

I calcari o compatti o terrosi sono misti sovente ad una quantità molto considerevole d'argilla, e diventano allora *calcari marnosi*. Quando l'argilla vi si trova nelle proporzioni di 30 a 50 %, abbiamo le *marne*, colle loro infinite varietà, costituenti delle masse pari in potenza a quelle dei calcari compatti.

10. Un secondo gruppo di rocce calcaree è quello delle *dolomie*. Come abbiamo già detto, in queste rocce il carbonato di magnesia si riunisce in diverse proporzioni al carbonato di calce. Se il carbonato di magnesia non c'entra che in ragione di 5 a 10 o poco più %, queste rocce calcaree, piuttosto che dolomie, si chiamano *calcari magnesiaci* o *calcari dolomitici*. Le dolomie e i calcari dolomitici presentano anch'essi uno sviluppo talora enorme in tutte le parti del globo. Basti dire che le Prealpi sono formate, per la massima parte, da una gran massa dolomitica, la quale, staccandosi dalle Alpi del Piemonte, corre da ovest a est tutto il Lombardo Veneto, prendendo il massimo sviluppo nelle Alpi del Tirolo e del Friuli. La grossezza di questa massa supera talvolta certamente i mille metri.

Numeriamo tra le rocce calcaree, anche i *gessi* e le *anidriti*, sempre inteso che alla calce, base delle rocce calcaree, si unisce il solfo, o meglio il gas solfidrico, in luogo del gas acido carbonico, formando un solfato di calce.

11. Alle rocce semplici appartengono in secondo luogo le rocce saline, rappresentate dai soli ammassi di salgemma, o sal marino. Il salgemma si presenta sovente in grandi banchi, allo stato di massima purezza; ma anche sovente è misto a rocce terrose, o sparsovi in vene ed arnioni. Benchè le rocce di salgemma si presentino quasi in via d'eccezione, hanno però sempre una tale potenza da non poter essere escluse dal numero dei principali costituenti della crosta del globo. Nelle saline di Wieliezka e di Bochnia, il salgemma fu traforato per uno spessore di 400 piedi presso Stebnik nella Galizia orientale, e fu raggiunto in sei luoghi nella Transilvania. In questa provincia, presso Szovata e Paraiyd, s'incontrano vere montagne di sale. Nella prima delle indicate località, benchè i monti siano ricoperti di boschi, le frane, della bianchezza della neve, rivelano il salgemma sopra una zona di oltre sette chilometri. Presso Paraiyd si osserva una valle tutta scavata per erosione nel sale, e simili accidenti si ripetono in altre località nella Transilvania, dove la formazione salifera si può accompagnare passo passo per 20 ore di cammino. Meravigliosamente ricche ne sono anche la Moldavia e la Valacchia. Celebre è il deposito di salgemma di Stassfurt, presso Magdeburgo. Misurandolo dal basso all'alto, presenta dapprima 260 metri di puro salgemma in strati sottili, alternanti con strisce di anidrite. Segue un ammasso di 35 metri di salgemma, reso impuro da solfati di calce, di magnesia e di potassa. Ma continua per altri 60 metri, sotto forma d'una miscela di salgemma, con solfati di magnesia e di potassa. Abbiamo dunque una massa di salgemma dello spessore di 340 metri. Pare tuttavia che in altre regioni, principalmente nell'America meridionale, i depositi di salgemma presentino uno sviluppo anche maggiore. Nella discesa delle Ande verso il bacino delle Amazzoni, per esempio, si attraversa un vasto paese, dove, stando alle descrizioni dei viaggiatori, i monti e le valli si potrebbero dir quasi tutti di salgemma.

Ho insistito a dar un'idea dello sviluppo stragrande di un genere di rocce, le quali come ho detto, si possono dire eccezionali a fronte di quelle che compongono principalmente la crosta del globo, perchè ciò servisse ad allargare nella mente del lettore il concetto della potenza reale delle masse rocciose che prendono parte nella composizione della gran massa tellurica.

12. Un terzo gruppo di rocce semplici, che possono meritare ugualmente, per quanto sviluppatissime, l'epiteto di eccezionali, è quello delle *rocce carboniose*, ossia dei combustibili fossili. Vi appartengono le *antraciti*, i *litantraci*, ossia le diverse specie di carbon fossile, le *ligniti* e le *torbe*. Tutte queste rocce si presentano in grandi masse, ma principalmente i *litantraci* e le *ligniti*. Gli strati di carbon fossile presentano fino a 12 metri e più di spessore, e quelli di lignite, specialmente di lignite torbosa, fino a 40. Quanto all'estensione, basti il dire che alle sole isole Britanniche si assegna un'area carbonifera di 5500 miglia geografiche quadrate, ed una se ne assegna di 244000 miglia quadrate all'America settentrionale. Ricchi di carbon fossile, oltre l'Europa e l'America settentrionale, sono il Giappone, la China, la Nuova Zelanda, l'Australia ecc. Fin sotto i ghiacci del polo si trovano nelle regioni artiche monti e valli di

Digitized by Google

lignite torbosa, talora allo stato di semplici cumuli di legname carbonizzato.

L'ultimo gruppo di rocce semplici è quello delle *ferrifere*. Vi sono dovunque grandi ammassi di *limonite*, ossia di idrossido di ferro terroso, misto a quantità considerevole d'argilla. I grandi strati di ferro che alternano cogli strati di carbon fossile in Europa, in America ecc., sono composti appunto d'una specie di limonite, mista a grande quantità d'argilla, ed a combinazioni carboniose. Il ferro non vi si trova d'ordinario che nelle proporzioni di 30 a 40 %.

Rocce aggregate.

13. Abbiamo detto che queste rocce constano di grandi aggregazioni di frantumi di minerali e di rocce, che, dalla piccolezza del grano, salgono fino alla grossezza dello scoglio.

Spesso i frantumi non sono fra loro collegati in nessun modo, formando quelli che chiameremo *aggregati incoerenti*. Sono tali le *sabbie*, le *ghiaje*, i *detriti* che formano le frane e le morene dei ghiacciai ecc, il *terriccio* o terra vegetale, e tutte quelle immense masse alluvionali che coprono o piuttosto formano le grandi pianure, e i delta dei fiumi. Pensando alla vastità dei deserti africani ed a quella dei delta, ossia delle grandi pianure solcate dal Po e dagli altri grandi fiumi d'Europa, dal Nilo, dal Mississipi, dal Rio delle Amazzoni, dal Gange, infine da tutti i grandi fiumi del mondo lungo i tronchi per cui si scaricano in mare, ciascuno può formarsi un'idea della parte immensa che prendono gli *aggregati incoerenti* nella costituzione della superficie, anzi della crosta del globo.

Le sabbie e le ghiaie però si trovano formar parte costitutiva anche dei grandi rilievi montagnosi a qualunque profondità. In questo caso però i materiali frammentizî aderiscono fra loro, e formano degli *aggregati coerenti*. Questa mutua adesione dei frammenti di minerali e di rocce, talora è per così dire spontanea, senza bisogno di alcun particolare cemento. Qui abbiamo l'infinita famiglia delle *argille* e quella degli schisti *argillosi*, delle ardesie, ecc. Tutte queste rocce si possono definire come fanghi induriti, più o meno coerenti, fino a formare delle rocce durissime e molto compatte. Le argille e gli schisti argillosi sono comuni in tutte le parti del mondo e presentano dovunque un grande sviluppo. In molti casi invece i frammenti costitutivi delle rocce aggregate sono legati fra loro da un cemento minerale, che può essere il calcare incrostante, la silice, il ferro limonitico ecc,. Eccoci allora ai cosidetti *aggregati coerenti con cemento*. Vi appartiene la numerosa famiglia delle *arenarie* o *grès*, che sono enormi ammassi di grani di quarzo, a cemento calcareo, siliceo, argillo-ferruginoso, con miscela di diversi minerali, come mica, clorite, ecc,. Tutto questo dà luogo a molte varietà d'arenaria, distinte coi nomi particolari di *macigno*, *psammite*, *molassa*, *glauconia* ecc. Vi è anche il *grès calcareo*, composto di grani o di minuti pezzetti calcarei, riuniti da un cemento calcareo. Se i frammenti costitutivi si presentano sotto la forma di ciottoli arrotondati, come quelli che formano sovente il letto dei fiumi o il lido del mare, la roccia chiamasi *puddinga*. Se invece i frammenti sono angolosi, in forma di schegge, la roccia chiamasi breccia. S'applica poi il nome generico di *conglomerato* a qualunque roccia che consti di frammenti rocciosi, principalmente se questi sono di considerevole grossezza. Lascio di dire quanto le puddinghe, le brecce e i conglomerati siano sviluppati, essendo le rocce aggregate in genere quelle indubbiamente da cui risulta composta la massima parte della crosta terrestre, per lo meno alla superficie. Quanto all'interno, la cosa è meno sostenibile, mentre alle rocce aggregate possono far concorrenza le cristalline e forse più le cristalloidi.

Rocce cristalline.

14. Le rocce cristalline sono, come s'è visto, veri aggregati di cristalli, in cui l'occhio nudo non discerne che i cristalli più grossi, mentre colle sezioni microscopiche si osserva che anche le rocce più omogenee, e quelle stesse porzioni che servono di cemento ai cristalli visibili, sono formate di altrettanti aggregati di microscopici cristalli. La *Tavola* portante il N. 16 mostra appunto di queste sezioni microscopiche che possono dare un'idea più che sufficiente dell'intiera struttura delle rocce cristalline. Le rocce cristalline costituiscono la parte più difficile e più complicata di quel ramo di geologia, che chiamasi *litologia* o *petrografia*. Basterà per noi qualche nozione sulle rocce cristalline più comuni, più classiche, che sono anche quelle le quali hanno uno sviluppo maggiore ed offrono un maggiore interesse per la geografia.

Vanno innanzi a tutte le *rocce graniti-*

Digitized by Google

che, che comprendono le infinite specie o varietà di graniti. Nei graniti ordinarî sono tre i componenti: 1.° Una specie di feldspato, che è più comunemente l'*ortose*, in cristalli piccoli o grandi, ma generalmente ben formati: 2.° Il *mica*, che vi si presenta sparso in laminette o in gruppi di laminette, a cristallizzazione meno regolare: 3.° Il quarzo, che si presenta in grani, o piuttosto in piccoli grumi cristallini, che riempiono gli intervalli lasciati dagli altri due minerali. Talvolta nelle masse granitiche si sostituiscono al mica il talco o l'orneblenda. Nel primo caso abbiamo il *protogino*, nel secondo la *sienite*.

Ai graniti si accostano i *gneiss* i quali sono composti degli stessi minerali, e talvolta non si distinguerebbero dai graniti altrimenti che per la loro struttura schistosa, ossia fogliacea. Più sovente però l'individualità dei cristalli scomparisce, e abbiamo una infinita serie di rocce le quali preferiscono di stare piuttosto nella classe delle *cristalloidi* che in quella delle *cristalline*.

Alle rocce granitiche tengono dietro le *rocce porfiriche*, nelle quali le diverse specie di feldspato prendono una così decisa prevalenza, da non lasciare agli altri minerali che la parte di accessorî. Appartiene a questo gruppo l'infinita famiglia dei *porfidi*, che si distinguono per la diversità dei minerali che si associano ai feldspati, sicchè abbiamo *porfidi quarziferi*, *porfidi anfibolici*, ecc.

Si approssimano talora ai graniti, talora ai porfidi le trachiti, la cui base, è pure feldspatica. Il quarzo è libero di presentarsi sì o no; sicchè le trachiti si dividono in *quarzifere e non quarzifere*. Le *dioriti* sono rocce granitoidi, composte di feldspato e anfibolo. Le *doleriti* constano variamente di feldspato e di augite, talora con quarzo. I *basalti* hanno su per giù la natura della dolerite; ma sono neri, compatti, sparsi sovente di grani di peridoto, di olivina, di ferro. Vengono poi le rocce anfigeniche, di cui essenziali componenti sono i cristalli d'aufigene o leucite. Ultime le rocce serpentinose, le quali figurano come un gran gruppo a sè, essendo composte di silicati alluminosi, specialmente di *serpentino*. Questo gruppo si distingue anche perchè la roccia non è che quasi accidentalmente cosparsa di cristalli, mostrandosi del resto sotto la forma d'una roccia compatta e fibrosa.

Tra le rocce cristalline dobbiamo collocare però certe masse, le quali, piuttosto che rocce cristalline, sono aggregati di frammenti di queste stesse rocce, distinguendosi dai conglomerati ordinarî per la natura identica dei frammenti stessi. Sono queste le rocce *clastiche*, che si chiamano anche conglomerati vulcanici. Ne dànno un esempio i grandi ammassi di ceneri, di lapilli, di pietre e di scorie vomitati e deposti dai vulcani.

Rocce cristalloidi.

15. Dividendo le rocce cristalloidi in semplici e composte, secondo che constano visibilmente di uno o più minerali, merita d'essere menzionato come primo del primo gruppo il *calcare saccaroide*. I calcari saccaroidi, a cui appartengono i famosi marmi antichi di *Paros*, il *Pentelico*, l'*Imezio*, ecc. e i moderni di Carrara e dintorni, sono d'ordinario assai puri, e chiamansi saccaroidi per la struttura cristallina, che li assomiglia allo zuccaro in pane. Sono i marmi statuarî per eccellenza. Appartengono ai saccaroidi anche i *cipollini*, così chiamati per la loro struttura alabastroide, a zone curve, involgentisi, poi i *fioriti*, i *bardigli*, a sfumature nere in campo bianco, ecc. Anche le dolomie, ossia i calcari magnesiaci, si presentano allo stato saccaroide, per esempio sul S. Gottardo. Il quarzo si presenta pure in roccia granulosa, durissima, che si chiama *quarzite*. Il talco in roccia forma la *steatite*, e il *talco schistoso*. A queste due rocce si avvicinano le *pietre ollari*, talora compatte, talora schistose, composte pure fondamentalmente di talco.

Le *rocce cristalloidi* composte sono numerosissime, e, quanto ai componenti, sono molto somiglianti od anche identiche alle *rocce cristalline*. Però la struttura è universalmente schistosa, e i minerali non vi si presentano che eccezionalmente in cristalli distinti. Appartengono a questo gruppo moltissimi *gneiss*, che hanno la composizione del granito; i *micaschisti*, con un'infinita serie di varietà, composti di quarzo e mica; i *talcoschisti*, dove il talco si sostituisce al mica, e gli *schisti anfibolici*, dove invece del mica o del talco troviamo l'anfibolo. Vien poi l'infinita famiglia degli *schisti argillosi*, degli *schisti tegolari* o *ardesie*, di natura argillosa, semicristallina. Nè mancano le rocce magnesiache, rappresentate da misture di serpentino con calcare o dolomia, cioè dalle *ofioliti calcaree*, od oficalci, e dalle *ofioliti dolomitiche*, sviluppatissime negli Apennini e in tutte le regioni del globo.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Le formazioni.

16. Le rocce, non più considerate isolatamente, ma quali si presentano realmente in grandi masse, componenti immediatamente e veramente la crosta del globo, costituiscono le formazioni. Prescindendo dal *terriccio,* o suolo vegetale, sparso più o meno riccamente su tutta la superficie del pianeta, e dai terreni incoerenti, specialmente dalle grandi alluvioni, che occupano così grandi distese, limitandosi però sempre alla porzione più superficiale; prescindendo insomma da quel terreno mobile, avventizio e sempre in via di formazione o distruzione, che rappresenterebbe la ruggine, per dir così, o la parte marciosa della crosta medesima; la parte sana di essa si mostra, fin dove si potè arrivare coll'osservazione diretta, formata a modo di stempiato mosaico, o di muro ciclopico a volta, composto di enormi monoliti, ciascuno dei quali può essere una montagna, od anche un gruppo od una catena di montagne. Quello che abbiam detto fin qui sugli *elementi*, sui *minerali* e sulle *rocce*, serve appunto a farci conoscere quale sia la natura di questi monoliti, che sono i veri componenti della gran volta, ossia della crosta del globo, nel

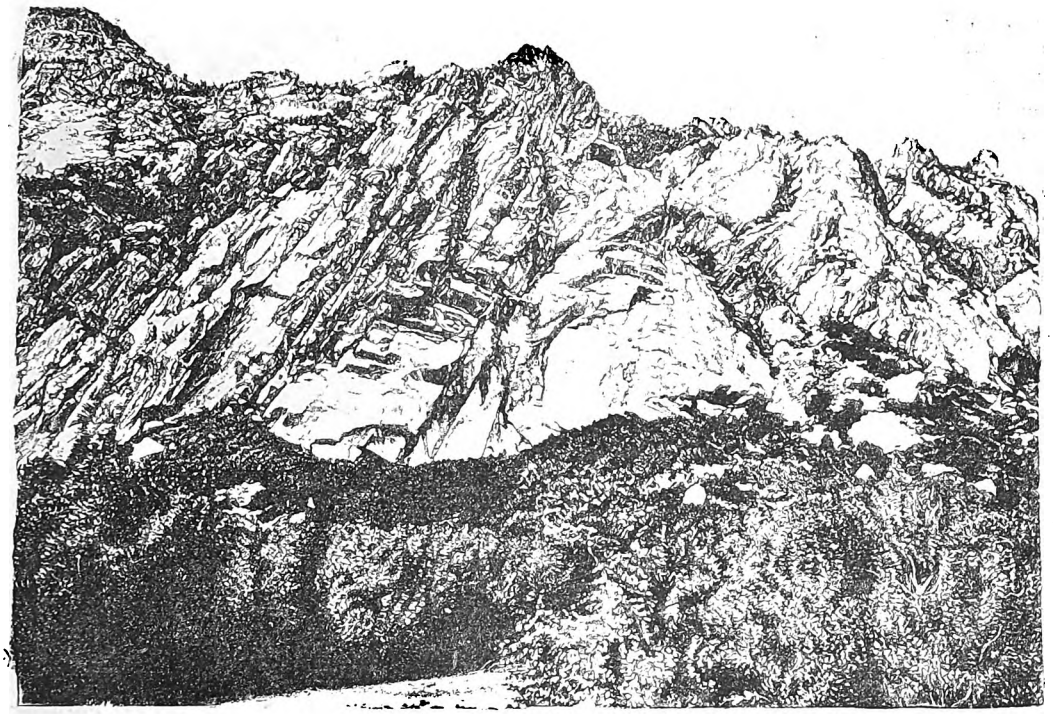


Fig. 358. — Granito del picco Cannone Cottowood (Stati Uniti).

senso che le pietre, con cui si fabbrica una muratura, di qualunque natura esse siano, marmi, graniti, arenarie, ecc. sono i componenti dell'edificio. Non ci resta dunque più nulla da dire circa la natura e struttura mineralogiche e litologiche di quelle masse, dopo che abbiam detto di quali elementi minerali o rocce si compongono. Molto invece ci sarebbe a dire sulla loro disposizione e sui loro mutui rapporti. Intanto immaginiamo che la superficie del pianeta figuri come un gran pavimento, composto di pezzi irregolari, formanti rilievi e depressioni, che sono monti, valli e mari, mentre i pezzi medesimi, incuneati gli uni negli altri, si sprofondano certamente per molte miglia, fino ad ignota profondità. Questi pezzi sono le *formazioni.*

Osservandole in posto, noi rileviamo dapprima questo gran fatto che quelle composte di rocce semplici od aggregate sono in generale *stratificate*, cioè composte quasi di enormi tavole sovrapposte (Fig. 357). Le formazioni composte di rocce cristalline sono invece *massiccie*, cioè come d'un sol pezzo (Fig. 358).

Digitized by Google

Un secondo gran fatto si osserva, ed è questo che le rocce stratificate, semplici od aggregate che siano, contengono resti organici, specialmente testacei marini, fino ad esserne talvolta interamente composte. Vi si trovano del resto, oltre le conchiglie dei molluschi, i gusci dei crostacei, le articolazioni degli echinodermi e rami di coralli, anche scheletri di mammiferi, di rettili, di pesci ecc. Sono ordinariamente sparsi di tali avanzi i calcari, e ne sono quasi interamente formate le lumachelle. Altri calcari, che percorrono talvolta miglia e miglia, non sono che banchi d'ostriche, di coralli, di foraminiferi impietriti. Ma anche nelle rocce aggregate, nelle arenarie', nelle puddinghe, nelle sabbie, nelle argille ecc, i fossili si scoprono talvolta in gran copia, e non mancano quasi mai di farvi almeno atto di presenza. Nelle formazioni cristalline si verifica l' opposto, facendovi le reliquie organiche assoluto difetto. Facendo astrazione dalle formazioni cristalloidi, che si presentano in strati, ma non contengono fossili altrimenti che in via affatto eccezionale, le formazioni componenti la crosta del globo si possono quindi dividere in due grandi classi:

1.° Formazioni stratificate, fossilifere;

2.° Formazioni massiccie, non fossilifere.

Gioverà ora indagare brevemente quale possa essere l'origine di queste due classi di formazioni.

Origine delle formazioni stratificate fossilifere.

A. Rocce semplici.

17. È dimostrato in geologia che non c'è particella della massa del globo la quale possa dirsi di prima formazione, cioè quasi reliquia, comunque lo si immagini, di un mondo primitivo. Tutto invece v'appare come rigenerato, e chissà quante volte! cioè prodotto colla scomposizione e colla ricomposizione di materiali preesistenti, che davano alla Terra una figura ed una costituzione diversa dall'attuale, cioè altre terre, altri mari, popolati da altre generazioni di animali e di piante, affatto diverse da quelle che l'avvivano al presente. Partendo da questi principî, basati sopra una serie innumerevoli di fatti accertati, a geologia potè stabilire un criterio per riconoscere, almeno fin dove è possibile nello stato attuale della scienza, l'origine delle formazioni componenti la crosta del globo e, fino ad un certo punto, l'origine dello stesso globo, in quanto si presenta oggi ai nostri sguardi, come forma le cento volte rimutata del globo primitivo. Il criterio di cui parliamo è quello di partire dal modo d' agire della natura attuale, per stabilire il modo con cui ha agito in passato, e quindi gli effetti originati da questo modo d' agire, che sono appunto le formazioni, e tutti gli accidenti che accompagnano le formazioni.

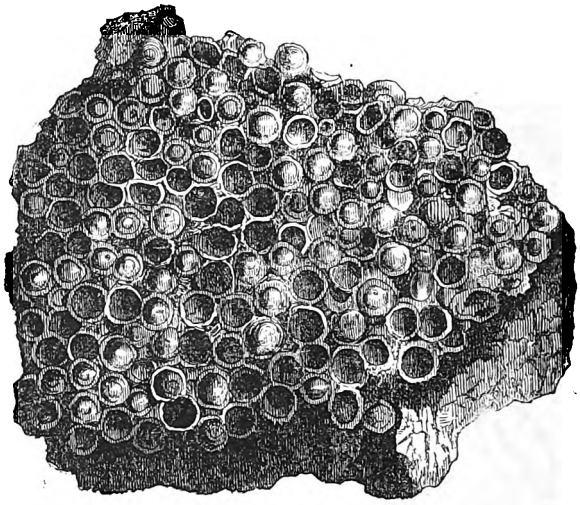


Fig. 359. — Calcare pisolitico.

Applicando questo criterio, la geologia giunse a riconoscere anzitutto che le formazioni stratificate e fossilifere non sono e non possono essere altro che *sedimenti*, ossia depositi di materiali sul fondo di antichi mari, o in via eccezionale, sul fondo d' antichi laghi o nel letto d'antichi fiumi. Le reliquie organiche di quegli antichi sedimenti rimasero naturalmente impigliate nei sedimenti stessi; anzi in parte o in tutto servirono a formarli.

I calcari, per esempio, e tutte le rocce calcaree si mostrano talvolta formati dalla posatura di acque incrostanti, come i *travertini*, gli *alabastri* i *calcari pisolitici* ecc., (Fig. 359); ma sono per la massima parte depositi formati sul fondo del mare. Il primario, per non dire l' unico agente di tali formazioni è la stessa animalizzazione dei mari, abitati anche in oggi da animali capaci di secernere il carbonato di calce in tal copia, da superare molte decine di volte la massa delle parti molli degli animali stessi. Anche in oggi le conchiglie e gli altri testacei, adunati, triti

Digitized by Google

dall'onde e mescolati al fango dei fiumi lungo i litorali, generano enormi masse di calcari argillosi o marnosi. Nelle maggiori profondità, abbiamo uno sviluppo enorme di foraminiferi calcarei, che ricoprono il fondo degli oceani con un grande strato di fango calcareo, il quale, appena fosse asciutto e complesso, si trasformerebbe in una massa di calcare compatto. Anche in oggi le ostriche ed altri testacei fissi formano enormi banchi di calcare litorale, e i banchi di corallo vivente nelle libere ampiezze degli oceani formano isole ed arcipelaghi, che potrebbero, una volta sollevati dal mare, formar parte di vasti continenti.

Così sarebbe già spiegata l' origine delle specie principali di quelle grandi masse calcaree che prendono tanta parte nella composizione della crosta del globo. Il fatto che i calcari contengono, quasi senza eccezione, soltanto reliquie d'animali marini, di cui sono talora, come abbiam detto, interamente composti, ci risparmia la fatica di cercarne l'origine nelle acque incrostanti, o nelle acque dolci dei laghi, benchè abbiam visto che attualmente si generano per questa via masse calcaree di ragguardevoli dimensioni. La geologia però non esclude affatto dalla serie dei terreni i calcari originati dalle acque dolci; questi però non si presentano che in via affatto eccezionale e sono facili a distinguersi per le reliquie organiche, che appartengono appunto ad animali d'acqua dolce, o ad animali terrestri, trascinati dai fiumi in seno ai laghi. In genere, ripeto, i calcari sono d'origine marina e furono opera degli animali secretori, viventi negli antichi mari. Questo primo fatto ci conduce ad ammetterne un secondo, che trovasi poi confermato dallo studio degli altri terreni sedimentari, anzi di tutte le formazioni, comprese le cristalline e le cristalloidi. Questo secondo fatto è che il mare ha occupato un giorno tutti i nostri continenti: in altre parole, che i nostri continenti furono tutti concepiti in seno al mare, e sono, in senso tutt'altro che metaforico, prodotti marini. Cercheremo poi le ragioni di questo gran fatto. Dalla natura della roccia, e da quella dei fossili che vi si contengono, si può anche arguire in quali condizioni ciascuna roccia fu in seno al mare generata. Se, per esempio, le marne e i calcari marnosi possono ritenersi generazioni litorali per la loro natura litologica, si trovano poi anche contenere conchiglie e testacei d'ogni genere, se non identici, certamente affatto simili a quelli che vivono attualmente sui litorali. Lo stesso dicasi dei calcari compatti, riferibili alle grandi profondità oceaniche, od alle libere regioni dei coralli. Essi non contengono infatti che germi di testacei affatto simili a quelli che vivono attualmente nelle grandi profondità, o nelle regioni coralline.

18. Quello che abbiam detto dei calcari, ripetiamo delle *dolomie* o calcari dolomitici. Anch'essi contengono fossili marini e ne sono talvolta interamente formati. I testacei che vivono attualmente in mare secretano un calcare, il quale è misto d'altri elementi, tra i quali l'analisi chimica scopre, credo invariabilmente, il carbonato di magnesia. In alcuni di questi animali secretori, che appartengono principalmente alle classi infime, il carbonato di magnesia abbonda, fino a trovarsi in proporzione del 15 o del 16 %. Nessuna meraviglia adunque se negli antichi mari si generassero calcari magnesiaci. Ammettendo poi che vi fossero tra le specie perdute (vedremo che lo sono tutte quelle degli antichi mari) secretori più potenti di carbonato di magnesia, non parrà strano per nulla che si generassero veri calcari dolomitici, contenenti il detto carbonato nelle proporzioni di 30 a 40 %. Quella formazione già accennata delle Prealpi, indicata dai geologi col nome di *Grande dolomia,* consta, si può dire per intero, di certi organismi lapidei, riferibili alla famiglia delle spugne. Si tratta veramente di enormi banchi di spugne calcaree, viventi nell'epoca antichissima del *trias*. È indubitato che si debba da esse ripetere quella grande secrezione di un doppio carbonato di calce e di magnesia.

19. I *gessi* e le *anidriti* si mostrano pure in grandi masse stratificate, contenenti abbondanti reliquie organiche, specialmente pesci e vegetali. Sono dunque d'origine sedimentare. Sovente però si riconosce in essi piuttosto l'orîgine lacustre che la marina. Ma in molti casi i gessi si mostrano in strati estesissimi, alternanti con strati di schietta origine marina, ed accompagnano molto sovente i banchi di salgemma. In questi casi si riconoscono evidentemente formati in seno a mari in via di prosciugamento, e quindi di deporre i sali contenuti nelle acque, tra i quali si trova in quantità considerevole appunto il solfato di calce.

Questa origine va dunque attribuita anche ai banchi di salgemma che si riconoscono come depositi di mari intercettati, in regioni relativamente asciutte, come lo sono attual-

Digitized by Google

mente il gran deserto del Sahara ed altri dell'Asia e dell'America, dove troviamo infatti laghi salati in gran copia, in via di trasformarsi in banchi di sale collo svaporarsi delle acque.

20. Anche i depositi carboniferi vanno considerati come terreni sedimentari, nel senso che furono anch'essi generati in seno alle acque, benchè trattisi d'accumulamenti di piante terrestri. Sono esempì attuali di somiglianti formazioni le torbe, che si generano in seno ai laghi bassi e alle paludi, e gli ammassi di legname, sovente già ridotti allo stato di lignite torbosa, che esistono e crescono ogni giorno nei grandi laghi d'America, alle foci del Mississipì, e in tutte quelle acque, a cui le correnti terrestre portano gran tributo di piante sradicate dalle regioni boscose (1). Lo studio degli strati di carbon fossile ha mostrato tuttavia come più i grandi depositi carboniferi, piuttosto che fortuiti ammassi di legname fluitato, rappresentano foreste, anzi vaste regioni boscose, sommerse in seno al mare e quindi coperte di sedimenti marini. Così si rende noto un altro fatto che, sulle stesse aree dei nostri continenti, esistettero un tempo altre terre, le quali si coprirono di vegetazione come le nostre e furono in seguito ingojate dal mare.

21. L'ultimo gruppo delle rocce semplici, che è quello delle ferrifere, è pure in genere d'origine sedimentare. Anche attualmente nelle torbiere, nelle paludi, e in modo specchiatissimo nei laghi bassi della Svezia si generano vasti ammassi di idrossido di ferro, che quando sia secco, assomigliasi affatto alle limoniti, e alle diverse specie di letti ferriferi, sparsi, in mezzo alle formazioni, e specialmente caratteristici del così detto *terreno carbonifero* in tutte le regioni del globo. L'osservazione c'insegna che quegli ammassi di ferro nei laghi e nelle paludi si generano per virtù elettro-chimica messa in giuoco dalle sostanze organiche, principalmente dai vegetali morti, in presenza dell'acqua contenente del ferro in soluzione. Avvertiamo che qualche traccia di ferro si scopre in tutte le acque invariabilmente. Per la virtù elettro-chimica che abbiam detto, i vegetali dei laghi e delle paludi arrestano e fissano il ferro sciolto nelle acque, presentando, per dir così, un fenomeno di secrezione ferrifera. Così col tempo, anche in acque poverissime di ferro possono formarsi grandi depositi. Che tale sia l'origine della massima parte dei banchi ferriferi, che entrano nella formazione della crosta del globo, si può dire accertato. Anche i banchi di ferro sono stratificati e contengono fossili talora in grande quantità. Questi fossili sono principalmente piante terrestri, e più ancora vegetali, non specificamente identici, ma simili genericamente ai vegetali che vivono nei laghi e nelle paludi. I ferri limonitici od argillosi del terreno carbonifero sono quasi veri erbarì, cioè strati contenenti innumerevoli vegetali. Spesso in quei terreni il ferro limonitico si presenta in nodi, od arnioni grossi e piccoli, il cui centro è occupato da un fossile vegetale. Così si ha presto ragione anche dell'origine di molti ammassi di ferro oolitico, o *pisolitico*, cioè composti quasi di piccoli uovi o piselli di ferro limonitico. Così si spiega anche come il carbonio dei vegetali, combinandosi col ferro, possa aver dato luogo a quei grandi ammassi di ossido e di carbonato di ferro.

(1) Vedi a pag. 458 dell'opera.

Rocce aggregate.

22. Venendo ora alle rocce aggregate, costituenti la seconda grande sezione delle formazioni stratificate e fossilifere, la loro genesi è ancora più facile a spiegarsi. Osservando che cosa avviene oggi in natura, troviamo anzitutto che la superficie delle terre è in preda a continuo sfacelo. L'atmosfera, specialmente mediante l'umidità e il gelo e disgelo, rode e demolisce le rocce (Fig. 360 e 361).

Il marciume, sotto forma di polveri, di sabbia, di schegge e di massi, vien portato via dalle piogge e travolto dalle correnti. I torrenti e i fiumi corrono giù gonfi e torbidi verso il mare, trascinando quella miscela d'elementi rocciosi d'ogni specie che costituiscono la cosidetta torbida (1). Gli elementi più grossi abbandonano spesso per via, creando quelle masse irregolarmente stratificate di ciottoli, di sabbie e di ghiaie che si chiamano alluvioni. Le alluvioni sono già formazioni aggregate simili ad altre che entrano come costitutivi della crosta del globo. Nella serie dei terreni infatti si riconoscono formazioni composte di strati irregolari, che per la loro stessa irregolarità, per la forma elissoidale dei ciottoli arrotondati, alcune volte anche per la presenza di certi fossili e per molti altri caratteri si riconoscono facilmente come antiche alluvioni, cioè come prodotti d'antichi fiumi, che solcavano antichi continenti. Ma i fiumi

(1) Vedi a pag. 411 e 427 dell'opera.

Digitized by Google

mettono foce in mare, vi portano e vi depongono la loro torbida. Se discendono al mare senza attraversare una pianura, essi vi portano anche il più grosso della torbida, cioè ciottoli e massi. Nel caso contrario, abbandonati nel loro corso attraverso la pianura gli elementi più grossi, non recano al mare che sabbie e fanghi. Non v'è fiume però, per quanto giunga al mare pacifico e lento, che non vi porti il più fino della torbida, cioè del fango in sospensione, capace di tenersi sospeso per gran tempo anche nelle acque marine. Così la torbida del Rio delle Amazzoni si distingue ancora in mare a centinaja di miglia dalla foce. Tutti quei materiali grossi, fini e finissimi finiscono a deporsi sul fondo del grande recipiente. Non contento del tributo che gli recano i fiumi, il mare stesso assale le coste, demolisce le rupi e rientra carico di nuova rapina (Fig. 362, 363 e 364). Tutto quel detrito di doppia origine è egualmente trattato.

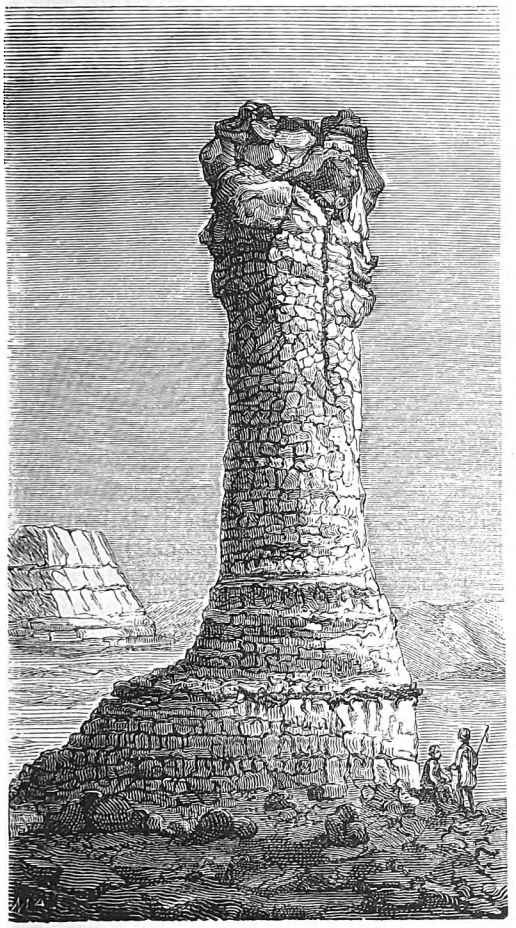


Fig. 360. — Colonna naturale di Washati Bad Lands (Stati Uniti). Esempio d'erosione delle rocce compatte.

L'onda che se ne impossessa, continuamente lo urta e lo spinge. Così esercita dapprima un'azione distributiva, che consiste nell'adunare piuttosto in questo che in quel punto gli elementi dello stesso peso e volume. I più grossi detriti spinge più verso il lido, nei punti dove più forte è l'azione dei venti. I più fini invece depone nelle più tranquille profondità, o nei seni più quieti. Nel tempo stesso che distribuisce il materiale anche lo erode. Così il ciottolo passa gradatamente fino al granello di sabbia e al corpuscolo fangoso, e passa quindi anche, per effetto della continua azione distributiva, dal lido alle profondità, o dal mare aperto al seno riparato. Così continuamente il mare si va colmando, e sotto i nostri occhi si dilatano, avanzandosi il mare, i litorali e i delta.

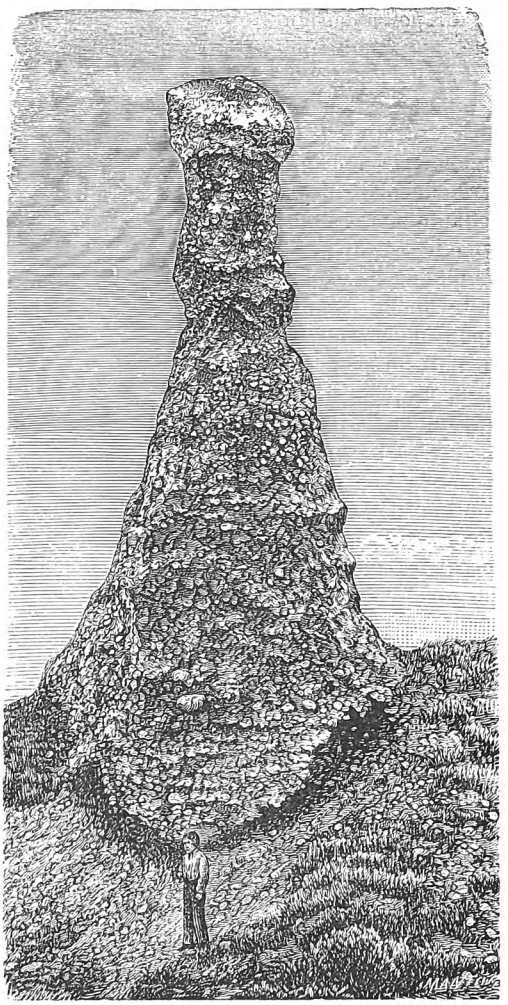
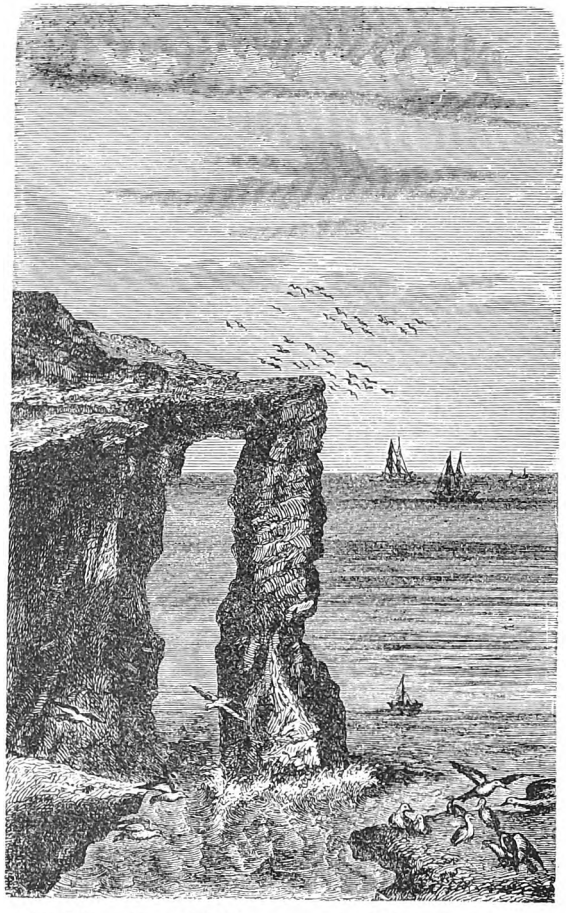


Fig. 361. — Colonna naturale di conglomerato nell'Utah. Esempio di erosione delle rocce aggregate, incoerenti.

Digitized by Google

Questo complesso di azioni si esercita naturalmente fino a quella profondità relativamente ragguardevole, dove si rende ancora sensibile l'azione delle onde. I nostri mari si mostrano cinti di pianure, e di lidi formati dai mari stessi cogli elementi detritici rapiti alle terre. Ma partendo dal lido, formato dagli elementi più grossi, si vede il fondo, cioè la terra stessa discendere a lento pendio, formato di detriti sempre più fini, che sono sabbie grosse o ghiaie, poi sabbie più fine, poi fanghi fini o finissimi; e questo d'ordinario fino ad alcune centinaia di chilometri verso l'interno del mare, dove soltanto si raggiungono le grandi profondità. Che cos'è tutta quella formazione immensa, così varia nella sua composizione che cinge tutto all'ingiro i mari di così vasta zona? Essa non è altro che una enorme formazione, composta di rocce aggregate d'ogni genere, simili a quelle che costituiscono forse la massima parte della crosta del globo. Il mare stesso l'ha prodotta, colmando gran parte del proprio seno coi detriti delle nostre terre. Mi pare che non si richieda altro per spiegare l'origine delle antiche formazioni aggregate, che colmarono le porzioni litorali d'antichi mari, con materiali rapiti ad antichi continenti. Anche le reliquie organiche lo attestano. Lo attestano principalmente quelle enormi formazioni, distinte da una miscela di fossili terrestri, lacustri e marini, che indicano perciò gli antichi estuarî degli antichissimi fiumi, che, colmando mari d'epoche antichissime, portarono così enorme contributo all'attuale costituzione della crosta del globo.



F.g. 362. — Esempi dell'azione erosiva delle onde marine.

23. Non rimane che un problema, ed è come queste formazioni, le quali dovettero essere composte in origine di materiali incoerenti si trovano ora formate di rocce durissime. Ma la cosa è molto agevole a spiegarsi. Cominciamo a dire che una massa composta di materie dotate d'una certa plasticità, acquista un grado di coesione quando sia compressa. Questo grado sarà maggiore o minore, secondo è più piccola o più grande la forza comprimente. È ormai dimostrato in geologia che non v'ha corpo, sia pure il più vitrigno dei minerali, com'è il quarzo, che non sia plastico, quindi compressibile e adesivo, purchè vi si impieghi una forza bastante a metterne in atto tali proprietà. Le argille, che sono fanghi in origine, ci offrono già l'esempio di rocce, le quali basta comprimerle, per accrescerne la coesione e la durezza. Ora le formazioni terrestri rappresentano depositi formatisi alla superficie del globo, poi ricoperti da centinaja e centinaja di strati di formazioni più recenti, quindi soggetti ad una compressione enorme, accresciuta da quella, direi, ginnastica muscolare di cui vedremo più tardi quanto sia capace la massa tellurica. Se uno strato di fango può così convertirsi in durissimo schisto, anche un banco di quarzo può per la stessa via compaginarsi in quarzite. Aggiungi il fenomeno della cementazione, di cui dànno tante prove evidentissime le rocce aggregate. Già alla superficie del globo vediamo sotto i nostri occhi le ghiaje e le sabbie cementarsi in durissime rocce per la filtrazione delle acque incrostanti. Le acque stesse che disciolgono così facilmente il carbonato di calce, per farne un cemento calcareo, convertono il ferro in ossido solubile, che misto

Digitized by Google

all' argilla, prepara un cemento tenacissimo. La silice stessa trovasi disciolta nelle acque termali, e diventa cemento dei superficiali aggregati. Essa c'indica già come nell'interno del globo possa operarsi sopra vasta scala questo modo di cementazione, per effetto

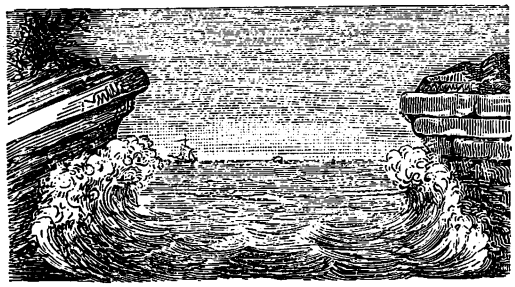


Fig. 363. — Esempio d'erosione delle coste.

delle acque circolanti, riscaldate dal calore interno e rese capaci, come mostra l' esperienza, di sciogliere non solo la silice, ma tutti i minerali di cui si compone la crosta del globo, formandone altrettanti cementi. Così si spiega come le ghiaie e le sabbie, formanti i litorali degli antichi mari, si mostrino ora sotto forma di puddinghe e di arenarie, che cedono a mala pena alla polvere pirica ed alla dinamite.

Formazioni cristalloidi.

24. La genesi delle rocce cristalloidi è in parte un problema già sciolto; in parte ancora un secreto. Ormai è certo però che tutte le rocce cristalloidi in grandi masse, appartennero in origine ad una delle tre grandi classi già nominate. I calcari saccaroidi, per esempio, non erano dapprima che calcari compatti. Gli schisti argillosi, le ardesie, gli stessi micaschisti, i talcoschisti, gli schisti anfibolici ecc,. hanno appartenuto in origine alla numerosa famiglia delle marne, delle argille, infine dei depositi fangosi. Le quarziti erano sabbie; e alcuni gneis non erano probabilmente che graniti. Ci fu dunque una trasformazione, la quale, rispettando in genere la natura degli elementi, diede ad essi nuovo assetto e nuove forme, forzandoli a nuove combinazioni. Questo è il concetto del *metamorfismo*, che tormentò e tormenta la ragione dei geologi, che s'affaticano intorno al grave problema coll'osservazione e coll'esperienza. Primo agente di tali trasformazioni fu certamente l'acqua circolante in seno alle rocce già formate, sotto l'impero del calore interno. Questo la rese capace, coadiuvata da altri agenti, di scomporre e di comporre le rocce, di sciogliere in seno ad esse i minerali, esportarli e deporli combinati, sotto altre forme. Così, per esempio, un banco d'argilla che contenga, oltre alla silice, l'allumina, la magnesia, il ferro e gli altri elementi necessari per comporre i

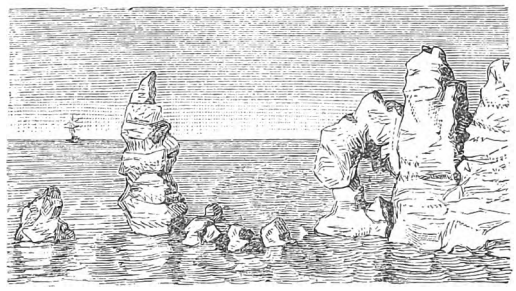


Fig. 364. — Scogli formati per erosione marina.

diversi mica, può trasformarsi in un banco di micaschisti. All'azione dell'acqua, riscaldata dal calore interno, s'aggiunge la compressione, e il poderoso meccanismo dei moti tellurici di cui vedremo più tardi le prove. A questo meccanismo si deve dapprima la schistosità delle rocce cristalloidi, cioè quel loro mostrarsi quasi masse plastiche schiacciate e passate al laminatoio. Si deve ad esso in secondo luogo, almeno in parte, la stessa cristallizzazione, essendo dimostrato dall'esperienza che basta il lavoro meccanico per dar forma cristallina agli elementi amorfi. Ritorneremo più tardi sull'argomento.

Origine delle formazioni massiccie non fossifillifere.

25. La genesi dei graniti, dei porfidi e di molte altre formazioni cristalline, che in oggi costituiscono monti e catene di monti, rimase per lungo tempo un mistero, che stancò le menti dei geologi, lottanti divisi in due schiere: i nettunisti, che le volevano generate dalle acque, e i plutonisti che non ci vedevano altro che il prodotto dei fuochi che fervono nell'interno del globo. Ormai la causa è vinta: le rocce cristalline, propriamente dette, non sono che il prodotto di antichi vulcani, come degli antichi mari lo sono le formazioni sedimentari. I graniti, le dioriti, le sieniti, i porfidi non sono che antiche lave, che si assomigliano alle lave moderne, come ai moderni calcari gli antichi calcari, e alle moderne sabbie le antiche arenarie. Le rocce cristalline hanno anzitutto l'aspetto delle lave, in quanto sono aggregati di cristalli. La stessa struttura, talora criptocristallina, talora porfi-

Digitized by Google

roide. Affatto simile, per non dire identica, è la composizione mineralogica, essendo i più antichi graniti, come, le lave più recenti, composti di silicati cristallini, a base d'allumina o di magnesia. I feldspati, i mica e il quarzo, costitutivi del granito, si trovano tra i componenti delle lave antiche e moderne. Così dicasi in genere degli altri minerali che entrano nella composizione delle rocce cristalline più antiche. Identico è il modo di giacitura, trovandosi le lave, del pari che le rocce cristalline, in masse isolate, piccole o grandi, allineate come i coni vulcanici, che eruttano ancora attualmente gli ardenti elaborati delle viscere terrestri. Se gli antichi coni sono scomparsi, e le antiche lave si mostrano non più libere alla superficie, ma interstratificate e incuneate in formazioni d'ogni genere; le rivoluzioni del globo spiegano tutti i casi, rispondono a tutte le difficoltà. Gli stessi effetti prodotti dal contatto o dalla vicinanza delle lave moderne, si mostrano prodotti dalle antiche rocce cristalline. Anche i graniti, i porfidi e le rocce cristalline d'ogni genere e di tutte le età hanno prodotto sulle rocce a contatto effetti di fusione, di vetrificazione, di combustione, di conversione del calcare compatto in saccaroide, e di calcare in gesso. All'ingiro delle masse cristalline, del pari che attorno ai vulcani, incontriamo gli effetti del metamorfismo perimetrico, nella creazione dei minerali, nel riempimento dei filoni, nelle emanazioni gazzose, nelle sorgenti termali, e in tutti gl'indizî di un' attività vulcanica, spesso ancora non spenta dopo il lungo giro dei secoli. Le formazioni cristalline insomma attestano l'incalcolabile antichità e diuturnità del vulcanismo tellurico, e mostrano come i vulcani, rivali dei mari, abbiano preso tanta parte nella formazione della crosta del globo, che mal si saprebbe se dare la prevalenza piuttosto ai primi che ai secondi.

Il sollevamento e le oscillazioni della crosta del globo.

26. Tornando ora alle rocce stratificate e fossilifere, alle quali principalmente si appoggia lo studio della formazione della crosta terrestre, e nelle quali possiamo ormai comprendere, benchè prive generalmente di fossili, anche le rocce cristalloidi, rimane dimostrato come esse siano tutte, senza eccezione, d' origine sedimentare, e, con poche eccezioni, deposte sui fondi dei mari; il che vorrebbe dire che la massima parte della crosta del globo fu

generata in seno all'oceano, partendo da quell'epoca lontanissima, in cui le acque erano per la prima volta distese sulla superficie del pianeta. Come avvenne dunque che quei fondi di mari si mostrassero, come oggi e da tempo immemorabile si mostrano, sotto la forma di terre asciutte, costituendo la massima parte dei rilievi terrestri emergenti dalle acque?

Che le formazioni terrestri siano per la massima parte, ad eccezione delle vulcaniche, d'origine marina, è un fatto inconcusso. Lo attestano la natura delle rocce, la loro disposizione a strati, e gli organismi marini di cui sono sparse a dovizia e talora realmente composte. Siamo ormai lontani dal tempo in cui si poteva disputare se il prosciugamento, il che vuol dire la formazione della terra asciutta, fosse dovuto al ritiro del mare. Anzi è una tesi contraddetta da tutta la geologia positiva quella d'un mare universale, che coprisse una volta tutta la superficie del globo. In quest'ipotesi ogni formazione di sedimento sarebbe impossibile, mentre la materia dei sedimenti non può prestarsi ai mari che dalle terre, per la via dei fiumi, o per l' immediata rapina che il mare stesso esercita sulle coste. Impossibile sarebbe pure, nella stessa ipotesi, l'esistenza degli animali marini, nominatamente degli organismi secretori, i quali aspettano dai continenti quei sali marini, nominatamente i calcarei, di cui fanno giornalmente tanto consumo.

Eppure abbiam visto che le più antiche formazioni, anche le protozoiche, sono composte di sedimenti, molti dei quali di pretta natura detritica, e che gli animali secretori vi erano già attivissimamente impiegati nella fabbrica dei calcari. Esistevano dunque altre terre che dovettero consumarsi per dar luogo a quei sedimenti che formarono in seguito le nostre terre. Se queste esistono, non è perchè il mare siasi ritirato entro più angusti confini, abbandonando all'asciutto i fondi più elevati, come si credeva una volta; ma è perchè i fondi stessi si sono elevati dal mare. La dimostrazione di questo fatto è data dalle stesse formazioni stratificate. Gli strati non poterono in origine deporsi che in piani approssimativamente orizzontali: se oggi si mostrano invece obbliqui all'orizzonte, talora fin verticali e in cento guise ripiegati, contorti, accartocciati, è certo segno che subirono uno spostamento. Dall'ammettere uno spostamento delle formazioni d'origine sottomarina, all'ammettere il sollevamento dei continenti, non c'è che un passo facilissimo a farsi. Questo passo è facilitato, anzi imposto da mille argomenti, che sarebbe

Digitized by Google

troppo lungo riportare. Il migliore senza dubbio è questo: che si hanno non dubbie prove di numerosi sollevamenti avvenuti recentemente anche in epoca storica, e che anzi anche attualmente ne avvengono. Ma il dire che le terre si sollevarono ed ancora si sollevano, è un dare dimezzato il concetto di quei movimenti a cui fu ed è continuamente soggetta la crosta del globo. Essa invero non solo sollevossi e si solleva ogni giorno, ma anche abbassossi

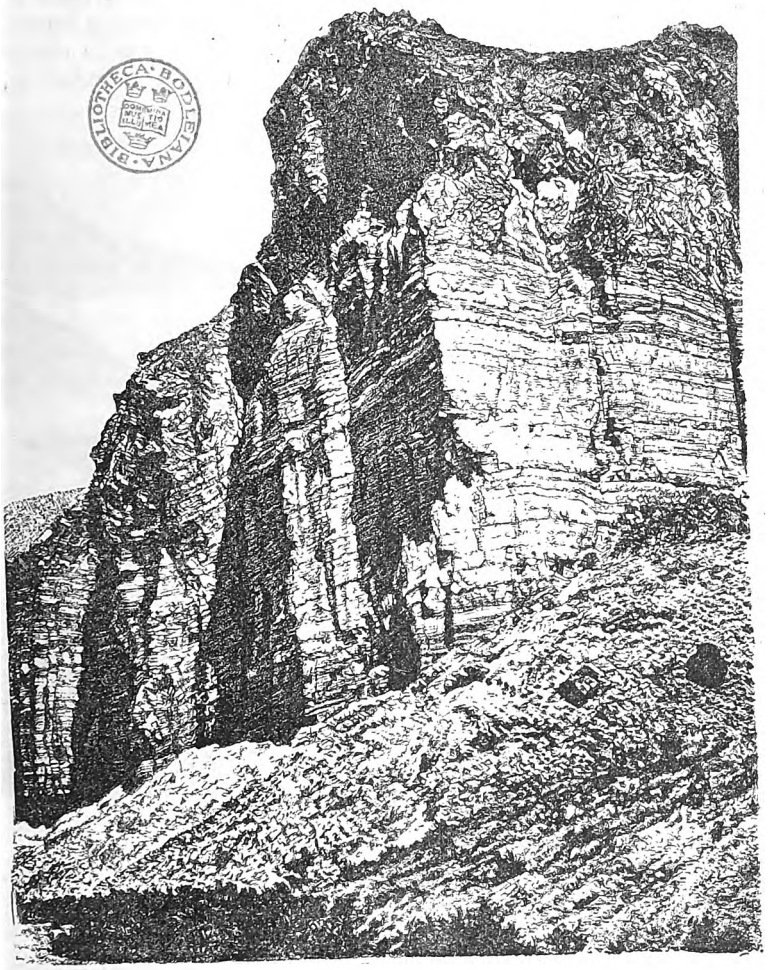


Fig. 365. — Strati eocenici orizzontali del Bluffs-Green River (Wyoming. Stati Uniti).

e si abbassa. Fu ed è un continuo oscillare; un continuo sollevarsi ed un continuo abbassarsi, si può dire, in tutti i punti della superficie asciutta o coperta dal mare; quindi un continuo formarsi di rilievi e di depressioni; un continuo rimutarsi di terre e di mari. Nulla di più volgare, o, per meglio dire, di più falso dell'idea che si ha comunemente della stabilità della crosta del globo. Avrebbero dovuto bastare a vincere un tale pregiudizio tanto migliaia di terremoti, capaci talvolta di muovere e far sobbalzare quasi da un polo all'altro la crosta del pianeta. Queste però sono passeggiere oscillazioni, che non valgono a portare modificazioni appena considerevoli alla superficie del globo. Gli studî eseguiti in questo secolo hanno messo in chiaro un altro ordine di moti sismici capaci di ben altri effetti. Sono le lente oscillazioni, chiamate modernamente *bradisismi,* quelle che hanno portato le cento volte e porteranno ancora radicali trasformazioni. Son esse le lenti oscillazioni, di cui si è già discorso in uno dei capitoli precedenti, la vera causa di quel rimutarsi tante volte delle terre e del mare sulla superficie del globo, il cui accertamento costituisce una delle più splendide conquiste della scienza moderna.

27. Non sono molti anni che i geologi, parlando delle attuali oscillazioni della crosta terrestre, non sapevano portare quasi altro esempio che quello del famoso tempio di Serapide a Pozzuoli. Non sarà inutile richiamare per sommi capi la storia delle oscillazioni di quelle rovine, già narrate in dettaglio nel capitolo precedente. Le ruine di questo tempio d'epoca romana ci porgono difatti un esempio luminosissimo d'una completa oscillazione del suolo. Le colonne di quel tempio sono alte circa 13 metri. Saranno vent' anni che il pavimento da cui si elevano vedevasi inondato per l'altezza di 30 centimetri dall' alta marea. A sette metri d'altezza della base, il marmo, liscio del resto, è profondamente guasto all'ingiro, sopra una zona di qualche metro, dalle conchiglie litofaghe che l'hanno tutto roso e traforato, e i di cui gusci scorgonsi ancora nelle cavità pi-

Digitized by Google

liformi. Quel tempio adunque, certamente fabbricato in origine sul suolo asciutto, all' altezza forse di molti metri sul livello del mare, dovette in seguito sprofondarsi e sommergersi fino a 7 metri della base delle sue colonne, perchè esse venissero trapanate dai litofagi. Dovette in seguito sollevarsi, benchè d' una quantità minore, perchè si vedesse ancora modernamente all'asciutto, salvo le basi, ancora esposte all' invasione dell' alta marea. Ecco adunque una completa oscillazione. Ma bisogna sapere che attualmente le acque dell' alta marea raggiungono l'altezza di circa un metro sul pavimento del tempio. Ci fu dunque in questi ultimi anni, e probabilmente sta continuando, un secondo abbassamento.

Qui abbiamo in piccolo ciò che avvenne in grande e si ripetè le cento e le mille volte di tutti i rilievi del globo, e di ciò che va ripetendosi su tutta la superficie del globo stesso. Come oscilla il tempio di Serapide, oscilla tutta la baja di Pozzuoli; e come oscilla la baja di Pozzuoli, oscilla l' Italia tutta, il cui doppio litorale offre le prove più certe di ripetute oscillazioni in alto e in basso, verificatesi in tempi non molto lontani, e ancora in via di verificarsi. Quello che si dice dell' Italia si ripeta della Scandinavia,

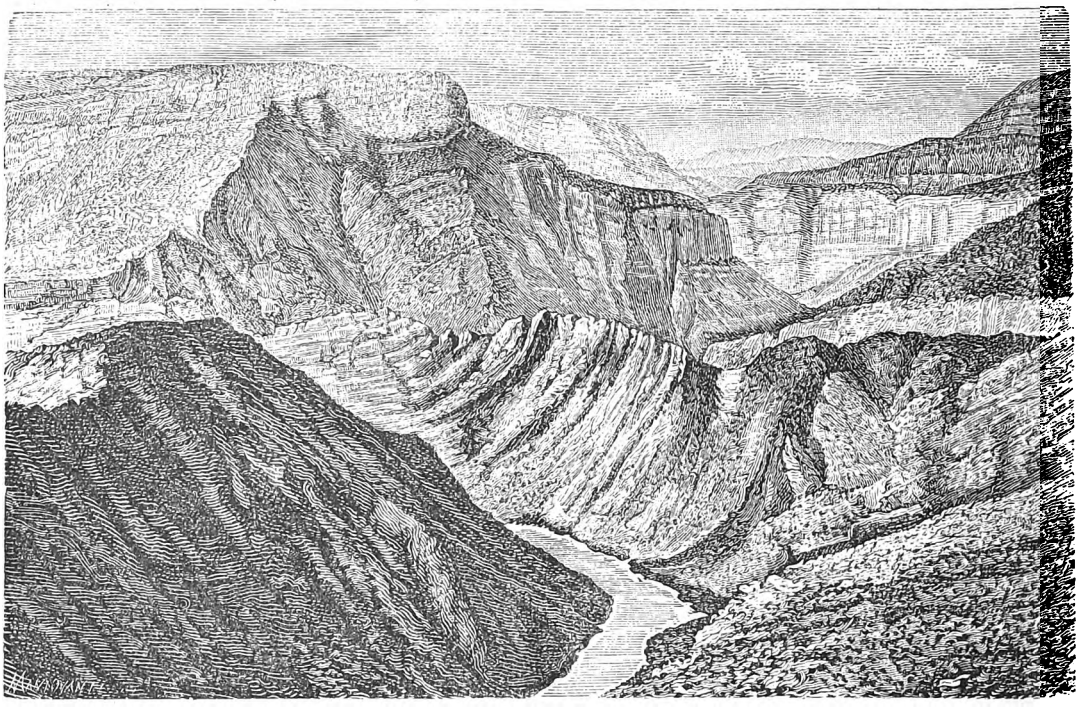


Fig. 366. — Strati carboniferi al confluente del Yampa col Green River.

di cui è studiatissimo il continuo sollevamento; della Danimarca, che consente alla penisola scandinavica; della Groenlandia, che si abbassa a mezzodì mentre si solleva a settentrione; delle coste germaniche, dei Paesi Bassi, dell' isole Britanniche, quasi dovunque in via di sollevamento; della regione Aralo-Caspica, dell'Africa occidentale, dell' America settentrionale e meridionale, dell'Oceania e di tutti gli arcipelaghi; infine di tutto il mondo; poichè ormai non c'è terra dove dei fatti simili a quelli relativi al tempio di Serapide, ma molto più grandiosi, non ci autorizzino a conchiudere che tutta la crosta del globo è in preda ad un continuo palpito: dove si abbassa e dove si solleva, pronta da un giorno all'altro ad invertire il senso del movimento, o, persistendo nell' uno o nell' altro senso, a produrre, nel giro infinito dei secoli venturi, nuove terre e nuovi mari, come costantemente ne produsse e riprodusse nell' infinito giro dei secoli passati.

Di tali incessanti movimenti sono appunto effetti e testimoni le forme stratigrafiche, ossia la varia disposizione degli strati componenti le diverse formazioni.

Molte volte, enormi massi di strati sono sollevati fino all'altezza di migliaja di metri sul, livello del mare, conservando ancora, quasi senza disturbo, la loro orizzontalità nativa,

Digitized by Google

benchè formino ora, come in America, vaste regioni d' altipiani e di monti (Fig. 357 e 365). Spessissimo invece veggonsi gli strati inclinati sul piano dell'orizzonte, sotto angoli più o meno arditi; nè è raro il caso di vederli, come già si disse, spinti fino alla verticale. Tutto questo si vede benissimo nella Figura 366, dove gli strati carboniferi, che corrono orizzontali in alto, formando una serie di altipiani, sono inclinati e ripiegati alla base, fino a formare un gruppo di strati quasi

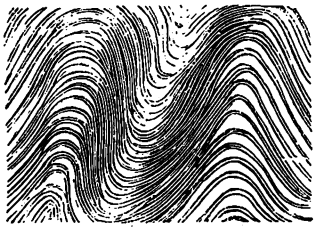


Fig. 367. — Strati contorti.

verticali. Non avviene nemmeno il più delle volte che gli strati stessi, in cento guise spostati, presentino tuttavia un piano, che si possa ridurre facilmente coll'immaginativa all'orizzontalità primitiva. Gli strati sollevandosi furono anche in cento guise ripiegati e contorti, e le spaccature dei monti presentano per miglia e miglia una serie infinita di *sinclinali* e di *anticlinali*, cioè di strati che si ripiegano da due lati verso un asse comune di curvatura, tanto discendendo, quanto salendo (Fig. 367 e 368). Per effetto di queste curve anticlinali o sinclinali, gli strati stessi, per lunghissimi tratti di paesi, alternatamente si mostrano allo sguardo, sollevandosi fino alle vette supreme, e si nascondono, sprofondandosi nel suolo, per risorgere dall' abisso di nuovo. Abbiam parlato di curve sinclinali e anticlinali; ma nessuno che non abbia percorso, facendo attenzione alle mosse degli strati, le grandi valli alpine o prealpine di alcuna più montuosa regione del globo, può farsi un'idea delle rapide svolte, dei *zig-zag*,

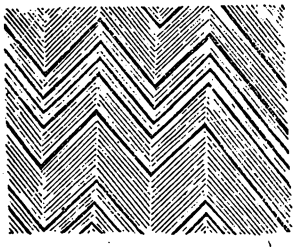


Fig. 368. — Strati a zig-zag.

dei serpeggiamenti, delle bizzarre volute, dei gruppi e degli accartocciamenti indescrivibili, disegnati da quelle curve e da quei ripiegamenti, che fanno assomigliare pile di strati di migliaja di metri di spessore ad un libro, o piuttosto ad una catasta di smisurati fogli di carta, l'uno all'altro sovrapposti, che fosse in tutti i sensi da forze erculee stretta, pi-

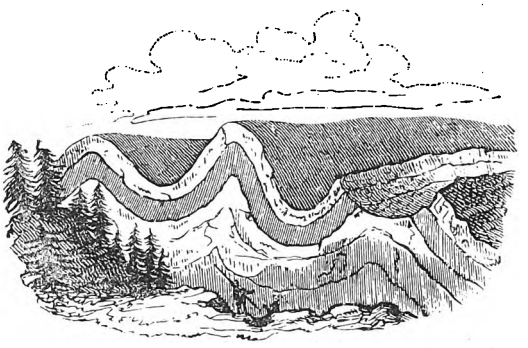


Fig. 369. — Valli del Giura per ripiegamento di strati.

giata, ripiegata, accartocciata. Spesso, per esempio, nelle Alpi il ripiegamento è tale che la metà d'una massa di strati si rovescia sopra l'altra metà, sicchè ogni strato disegna, rozzamente e grandiosamente quanto si possa

Fig. 370. — Stratificazione discordante.

immaginare, la figura della lettera *C*. Sono gli strati a *C* così spesso nominati dai geologi che descrissero le Alpi. Fin quì tuttavia, per quanto siano bizzarri i contorcimenti che hanno subìto gli strati, si può dire ancora che la stratificazione è *regolare*. Infatti gli strati si mantengono continui, parallelamente sovrapposti gli uni agli altri (Figura 369). Molte volte invece anche questa tal quale regolarità scompare: il parallelismo cioè non si mantiene, ovvero la massa stratificata è divisa in pezzi, spostati a diversi livelli, e quasi direbbesi sparpagliati. Nel primo caso la stratificazione chiamasi *discordante* (Fig. 370), nel secondo *saltuaria* (Fig. 371). Abbiamo talora infatti delle masse di strati inclinati, ripiegati, tormentati in tutti i sensi, sopra le quali, per es., un'altra massa riposa tranquilla in strati perfettamente orizzontali, come quando fosse diste-

Digitized by Google

sa sul fondo del mare. I salti, cioè le differenze di livello che presentano i diversi pezzi d'una massa di strati, raggiungono spesso un valore di centinaja di metri. Tutto ciò mostra come la crosta del globo sia andata soggetta, chissà quante centinaja di volte, a terribili convulsioni, e come ciò abbia potuto dar luogo a quella specie di danza infernale, per cui le

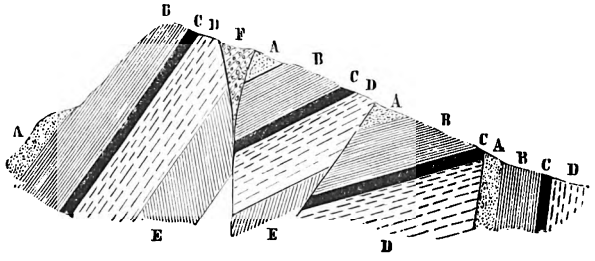


Fig. 371. — Stratificazioni a salti del terreno carbonifero.
A. Conglomerato. B. Arenaria C. Carbone. D. Schisto. F. Riempimento.

terre le cento volte apparvero e scomparvero, emersero e si sommersero nelle acque, si levarono alle stelle e si sprofondarono negli abissi, rimutando con assidua vece i continenti e i mari, e mutando interamente, chissà quante volte, la faccia del globo. Non si trátta d'un lavoro di fantasia, ma d'un fatto accertato dalla scienza. Si tratta d'una storia di milioni di secoli, che la geologia oggigiorno può, almeno a larghi tratti, narrare.

Cronologia della crosta del globo, o serie dei terreni.

Pare impossibile che la geologia, in meno di un secolo, in mezzo al caos delle formazioni, sia riuscita a ricomporre idealmente l'enorme pila degli strati, che si sovrapposero l'uno all'altro nel giro di migliaia di secoli, talmente da potervi leggere, come sui fogli impaginati e numerizzati d'un libro, tanta parte della storia del globo. Per ciò che riguarda la crosta della Terra, questa parte di storia si può dire, se non intera, interamente tratteggiata. La geologia in queste, direi quasi, miracolose indagini, ha preso per punto di partenza il fatto che le formazioni stratificate e fossilifere sono composte di sedimenti, ossia di fondi di mari, i quali non hanno potuto sovrapporsi gli uni agli altri che successivamente, in serie cronologica. Osservando di che sono composti gli strati, quali reliquie d'animali contengono, e i diversi accidenti che presentano, si venivano naturalmente a fissare le condizioni dei mari in cui i sedimenti si formavano, la natura degli organismi di cui erano popolati in quell'epoca, e i diversi mutamenti a cui andavano soggetti. Tutto questo in ordine cronologico per ciascun strato. Ogni strato pertanto segnava un'epoca; e tutti gli strati insieme una serie cronologica, in corrispondenza con una serie cronologica di fatti e di vicende a cui andava soggetta la superficie del globo, quindi, più o men bene, una storia del globo. Secondo il Dana, gli strati sedimentari, ricomposti idealmente in una pila, presenterebbero uno spessore di 24000 metri almeno, entro cui si possono passare in rassegna centinaia di migliaia di strati; il che vuol dire centinaia di migliaia di periodi storici. Ma questa numerazione degli strati, la quale era facile qua e là per quei gruppi che mostravansi a nudo, e non molto scomposti, nelle diverse regioni del globo, sopra certi tratti sempre poco estesi relativemente, diventava impossibile a farsi per regioni molto estese; peggio poi per tutta la superficie del globo, com'era richiesto dalla scienza, per poter narrare in qualche modo la storia della crosta del globo. Io ho sempre parlato infatti d'una ricomposizione ideale, la quale sembrava pure al tutto impossibile, stante i dislocamenti e il disordine delle formazioni, gli accidenti del suolo, gli estesi veli che gli fanno dovunque il terriccio, le alluvioni, e le piante nelle regioni boscose. Difficoltà insormontabile era principalmente l'esistenza di quegli enormi intervalli occupati da mari ed oceani, per cui le terre, sotto forma di continenti o d'isole, appariscono come grandi frammenti d'una massa scomposta, disseminati in seno alle acque. Ma a supplire al difetto della stratigrafia venne l'insperato aiuto della paleontologia. Ben a ragione i fossili, sepolti nelle viscere della Terra, si chiamarono *medaglie della creazione*: e fu quando, dopo lungo disputare sulla realtà, sulla natura e sul valore zoologico o botanico di quelle reliquie, si dovette conchiudere che il globo, come ha cambiato mille volte di faccia, così ha cambiato mille volte d'abitatori. Visitando in qualunque appena vasta regione una serie di strati abbastanza copiosa, per potervi distinguere diverse formazioni, si troverebbe che le specie organiche, sepolte nella prima formazione che sta in fondo alla base, non sono già quelle che si scoprono superiormente nella seconda; le quali scompariscono, per dar luogo ad altre specie nella terza, come queste ad altre affatto diverse

Digitized by Google

nella quarta ; e così di seguito fino alla sommità di tutta quella pila di strati. Ciò che si verifica per un paese, si verifica per l'altro; si verifica per tutte le regioni del globo. Dato lo stesso livello stratigrafico, e quindi lo stesso periodo cronologico, compariscono gli stessi fossili; cambiando livello, ossia periodo, ne compariscono altri. Ognuno vede come, invertendo il ragionamento, gli stessi fossili indichino, per ciascuna formazione, lo stesso livello, ossia lo stesso periodo cronologico. L'insieme degli animali d'un dato terreno o periodo chiamasi *fauna*, come l'insieme dei vegetali chiamasi *flora* di quel terreno o di quel periodo. Le faune e le flore successivamente compariscono e scompariscono col succedersi delle formazioni dal basso all'alto o dall'alto al basso. Perciò tanto ciascun fossile, quanto l'insieme di ciascuna fauna e di ciascuna flora, sono le caratteristiche di ciascun terreno, che servono a determinarne il livello nella serie statigrafica, e l'età relativa, anche quando si trattasse d'un semplice scoglio, perduto nell'immensità dell'oceano. Vi sono poi dei fossili, detti propriamente caratteristici, i quali difficilmente fanno difetto nei diversi membri d'una formazione, benchè dispersi a larghi intervalli di terre e di mari. Basta uno di questi a dar nome alla formazione dovunque si trovi. Se il lettore ha ben inteso, vedrà facilmente come il geologo abbia potuto arrivare, per mezzo dei fossili, a quella ricomposizione ideale di tutta la serie delle sovrapposte formazioni, sulla quale soltanto poteva leggere almeno una gran parte della storia universale del globo. Questa serie dei terreni è ormai stabilita da cima a fondo, e cercheremo di darne un'idea, non essendoci permesso che brevi cenni su questo argomento.

Serie dei terreni stratificati componenti la crosta del globo.

Adoperando come gli storici dell'umanità, gli storici della Terra ne hanno diviso la storia prima in *ère*, ciascuna delle quali divisa in *epoche*, suddivise in periodi ecc, rappresentati da terreni o formazioni, divisibili e suddivisibili in piani o gruppi maggiori o minori di strati. Le ère del globo sono sette.

1.ª Èra azoica
2.ª » protozoica
3.ª » paleozoica
4.ª » mesozoica
5.ª » cenozoica
6.ª » neozoica
7.ª » antropozoica

Ere azoica e protozoica.

L'èra *azoica*, come lo dice il suo nome, è quella che corse prima che la vita si manifestasse sul globo. É un èra non rappresentata con certezza da nessun terreno. Eppure, prima che esistessero piante od animali sulla superficie del globo, il globo stesso doveva formarsi, comporsi, ordinarsi, così che fosse possibile la vita delle piante e degli animali. Dovevano quindi separarsi le terre dalle acque; le acque stesse diventare vitali, diffondersi l'atmosfera, splendere il sole ecc.. Epoca immensa l'azoica, di cui la geologia positiva non può nulla narrarci, non avendo trovato ancora un punto d'appoggio, per spingere il piede oltre i lontanissimi confini dell'animalizzazione del globo.

L'èra *protozoica* è rappresentata da una pila di strati di 15 a 20 chilometri d'altezza, che pure non forma altro che la base della gran scala delle formazioni. I terreni di cui si compone quella massa sformata di strati appartengono, quasi senza eccezione, alla classe delle rocce cristalloidi. Vi dominano i gneis, micaschisti, i talcoschisti, le quarziti ecc. Quanto al regno animale e vegetale non rappresentano che un vasto deserto, poichè fino ad oggi non vi si incontrò reliquia ben distinta nè d'un animale nè d'una pianta, salvo che, in via eccezionale, in certi strati più alti, cioè più recenti, che potrebbero già quindi appartenere all'èra susseguente. Eppure è certo che in quell'epoca sconfinata il pianeta era abitato, forse non meno che non lo sia attualmente. Gli enormi banchi di calcare saccaroide, appartenenti alla serie protozoica non possono essere altro che i soliti cumuli di reliquie d'animali secretori. I banchi di carbone, cioè di grafite, e fin d'antracite, altro esser non possono che i soliti ammassi di legname, o le solite foreste, prima sommerse e poi sepolte, che s'incontrano a tutti i livelli della serie statigrafica in tutti i paesi del mondo. Il profondo metamorfismo che ha invaso quelle antichissime formazioni, esposte da tante migliaia di secoli all'azione metamorfica di tutti gli agenti tellurici, come ha cambiato interamente la faccia delle formazioni stesse, specialmente colla cristallizzazione dei loro componenti, così deve aver invase, trasformate ed anche distrutte le reliquie organiche, riducendo le manifestazioni della vita ed un semplice cumulo di materiali, quali sono appunto i calcari e i carboni dell'èra protozoica.

Digitized by Google

Era paleozoica.

28. L'èra *paleozoica* è pure un' epoca immensa, rappresentata da una seconda pila di strati dell'altezza di oltre 15,000 metri: più di tre volte il monte Bianco! Si suddivide in un certo numero d'epoche pure lunghissime, distinte ciascuna in diversi periodi, per un altrettanto succedersi di faune e di flore diverse. Si succedono così dal basso all'alto il terreno *Cambriano*, il *Siluriano*, il *Devoniano*, il *Carbonifero* e il *Permiano*. Le diverse formazioni sono per la massima parte composte di rocce aggregate; ma anche le calcaree vi presentano uno straordinario sviluppo. Durante l'èra *paleozoica* il mondo è animatissimo; il mare si distende quasi sempre sulle aree dei nostri continenti, entro le quali rade ed effimere compariscono le terre, tutte destinate, salvo forse qualche eccezione, ad essere di nuovo dal mare inghiottite. Perciò la vita v'è rappresentata quasi soltanto da animali marini, principalmente nelle prime epoche. Il clima si mantiene universalmente caldo, o piuttosto uniforme, cioè senza quegli eccessi di caldo e di freddo, che rendono in oggi quasi inabitabili del pari i deserti dell'Africa e le regioni ghiac-

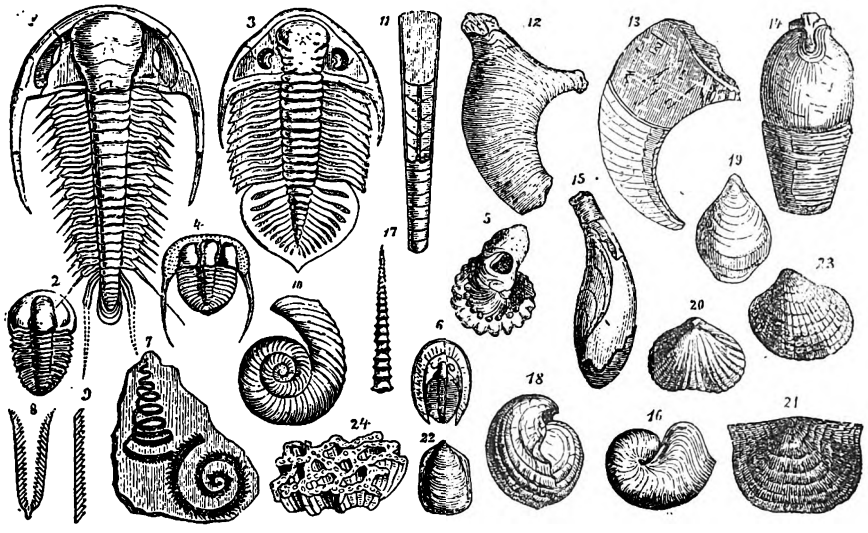


Fig. 372. — Fossili siluriani.

1. Paradoxides Bohemicus. — 2. Ellipsocephalus Hoffi. — 3. Dalmanites Hausmanni. — 4. Trinucleus ornatus. — 5. Phacops cephalotes — 6. Harpes venulosus. — 7. Graptolithus turriculatus e convolutus. — 8. Graptolithus bifidus. — 9. Graptolithus Roemeri. — 10. Lituites. — 11. Orthoceras. — 12. Phragmoceras. — 13. Cyrtoceras. — 14. Gomphoceras. — 15. Ascoceras. — 16. Bellerophon bilobatus. — 17. Tentaculites ornatus. — 18. Pentamerus Knightii. — 19. Terebratula melonica. — 20. Rhynconella Wilsoni. — 19. Leptaena depressa. — 22. Lingula Davisii. — 23. Cardiola interrupta — 24. Halysites catenularia.

ciate dei poli. Le oscillazioni della crosta del globo, i mari e le terre continuamente rimutano; e col rimutarsi dei mari e delle terre, si rimutano le faune e le flore. Ad una prima progenie d'animali, che interamente si spegne in seno ai mari, succede una seconda; alla seconda una terza; alla terza una quarta, e così via via. Nell' èra paleozoica forse più decine di volte mutossi interamente la faccia del globo, e mutarono le specie de' suoi abitatori.

Il terreno più basso, quello dell'epoca Cambriana, conserva le reliquie della cosiddetta *fauna primordiale*. Quasi tutti i gruppi degli animali inferiori vi sono già rappresentati; invano vi si cerca un solo vertebrato. Sono principalmente certe forme vicine ai coralli, che chiamaronsi graptoliti (Fig. 372, n. 7-9) sono echinodermi, dalle forme più strane, talora elegantissime, che chiamansi *cistidee;* sono molluschi, che rappresentano già tutte le sezioni di questa classe padrona dei mari in tutte le epoche del globo.

Ci abbiamo *briozoari*, *brachiopodi*, *acefali*, *gasteropodi*, e *cefalopodi*, rappresentati da un genere ancora vivente che è il *Nautilus*. Ma il trionfo di quell'antichissima fauna sono i famosi crostacei, chiamati *trilobiti* (Fig. 373, 374), costituenti il gruppo più caratteristico ed esclusivo dei terreni paleozoici, di cui si numerano già circa 70 specie.

Digitized by Google

29. Il terreno Cambriano si può considerare, ed è dai più considerato, come semplice base o come esordio del Siluriano, così chiamato dal paese di Galles abitato dagli antichi Siluri, dove è molto sviluppato. Si può dire che il Cambriano dà il tema all'antichissima

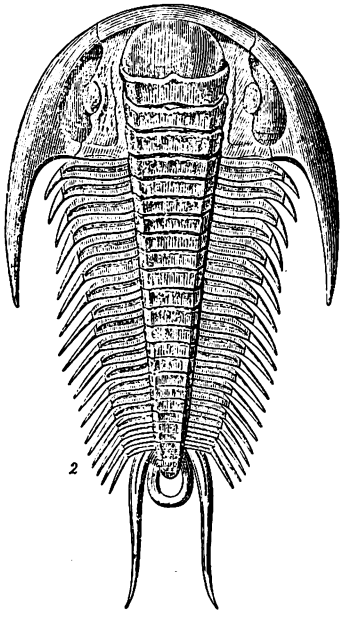


Fig. 373. — *Paradoxides Bohemicus* Siluriano.

fauna, e che il Siluriano lo svolge, con una ricchezza che stordisce. Voglio dire che gli abitatori del mondo sono già altri, benchè fabbricati sui tipi generici dei Cambriani, coll'aggiunta di un altro gran numero di generi nuovi, e con un numero infinito di specie. Anzi, in seno allo stesso terreno Siluriano, rappresentante d'una serie d'epoche piuttosto che d'un'epoca sola, diverse faune si succedono, l'una dopo l'altra comparendo e sparendo. Il mondo che appare, guardato sulle aree dei nostri continenti, è tutto un mondo marino. La vita v'è al parossismo; gli animali secretori preparano già appunto in seno a quegli antichissimi mari vaste porzioni dei nostri continenti. Coi graptoliti, sovrani dei bassi fondi, lavorano i coralli, fabbricando banchi calcarei smisurati in seno ai liberi mari. I molluschi presentano innumerevoli specie, moltiplicandosi fitti fitti coi crinoidi e colle cistidee. L'ordine dei pteropodi

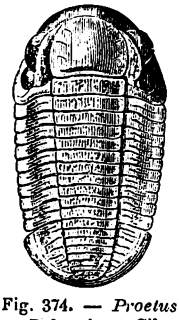


Fig. 374. — *Proetus Bohemicus*, Siluriano.

raggiunge il suo massimo sviluppo appunto nel Siluriano, e lo stesso dicasi dei cefalopodi concamerati, appartenenti alla sezione dei nautili. Tra questi signoreggiano gli ortoceratiti (Fig. 372 n.° 11), di cui si contano oggi forse già un migliajo di specie, e tengon luogo dei capodogli e delle balene, ingrossando talmente la loro conchiglia, da poter servire di colonna ad un edificio. La vita però non sale sopra il livello degli invertebrati; all'altezza del grado, supplisce col numero, la varietà e la mole smisurata delle specie. Continuano i trilobiti, anzi crescono di numero e di mole, presentando individui della grossezza delle tartarughe più grosse. Nessuna reliquia finora d'animali terrestri. Un gran fatto si nota in questa serie d'epoche antichissime, di cui il Siluriano non segna che il mattino. Il fatto è questo, che, mantenendosi il clima caldo, o piuttosto uniforme, come abbiam detto, non solo la vita s'universalizza e trionfa per tutto tra l'equatore e i poli; ma gli stessi tipi generici, anzi le stesse specie, si dilatano, per così dire, in tutto l'universo. Trentasette specie siluriane, per esempio, si raccolgono nel Nord America, del pari che nella Spagna, in Francia, nella Germania, in Inghilterra, Scandinavia, e Russia. Più di undici specie delle attuali zone più temperate dell'America e dell'Europa si videro apparire nelle rocce calcaree siluriane, ora coperte dagli artici ghiacci. Si tenga a mente, a scanso di superflue ripetizioni, che queste condizioni, tutt'al più con qualche gradazione in meno, si mantengono fino al principio dell'èra cenozoica, da cui si può dire con molta verità, come vedremo, che dati la formazione del mondo attuale. Lo stesso si ripeta di quell'altro fatto delle continue oscillazioni a cui è soggetta la crosta del globo nell'epoca siluriana. La natura delle rocce, costituenti quella pila smisurata di strati dell'altezza di migliaia di metri, e quella dei fossili che vi si contengono, mostrano che non una sola, ma più volte si cambiò interamente la faccia del globo, rimutandosi a vicenda sulle stesse aree i bassi fondi e i liberi mari, i mari e le terre.

Il Devonshire diede il nome all'altra grand'epoca, rappresentata da un'altra poderosa pila di strati che riposano sul terreno Siluriano Il nuovo terreno chiamasi *Devoniano*. Consta di calcari, ma più ancora di rocce detritiche, principalmente di arenarie d'indole fangosa; tinte specialmente di rosso, per cui i geologi meno recenti chiamavano il Devoniano *antico gres rosso*. Quanto agli invertebrati si può

Digitized by Google

dire che, dove le condizioni dei mari lo permettevano, continuasse il mondo siluriano co' suoi molluschi, co' suoi coralli, co' suoi trilobiti, sempre inteso però variandone continuamente le specie. Ma la massima parte dei mari, he occupavano le nostre aree continentali, disturbati da emanazioni gazose, e da vulcani di fango, come lo è attualmente il mar Caspio, non erano propizio ambiente a quella fauna sedentaria, che, non potendo all'uopo fuggire, s'attiene ai litorali e ai liberi mari, dove non avvengono perturbazioni. Quello che andiam

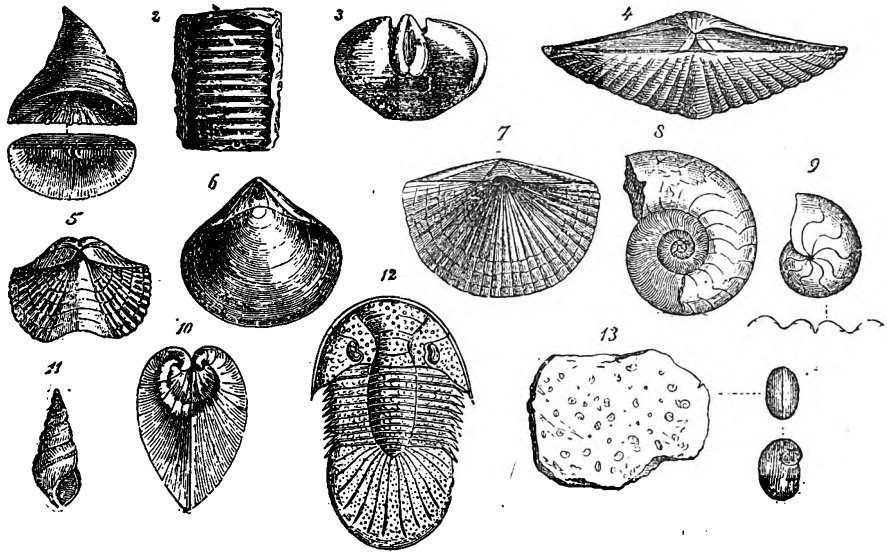


Fig. 375. — Fossili devoniani.

1. Calecola sandalina. — 2. Cyathocrinus. — 3. Hysterolithes vulvarius. — 4. Spirifer speciosus. — 5. Spirifer ostiolatus. — 6. Stringocephalus Burtini. — 7. Orthis umbraculum. — 8. Clymenia undulata. — 9. Goniatites retrorsus — 10. Megalodon cucullatus. — 11. Murchisonia bilineata. — 12. Bronteus flabellifer. — 13. Cypridina serrato-striata.

dicendo spiega la natura eccezionale di quei terreni rossi o variegati, e il mostrarsi essi quasi inabitabili deserti, il che vuol dire, nel linguaggio geologico, quasi affatto privi di fossili appartenenti alla forma sedentaria, costituita precisamente da animali secretori. Altra cosa è se parliamo d'una fauna libera e viaggiatrice, che può a tempo invadere le acque, e a tempo fuggire quando si manifesta il pericolo. Per riguardo a questo i terreni devoniani, e precisamente i detritici, ci fanno assistere a quello che si direbbe una scena di spettacolosa creazione. Spettacolosa infatti è veramente la comparsa dei primi vertebrati, precisamente dei pesci, infiniti di numero, variissimi di specie, stranissimi di forme, smisurati di mole. Fra i più strani figurano i *cefalaspidi* e i *pterictidi* (Fig. 376), mentre altri meno strani, s'avvicinano piuttosto ai *pesce cani*. Un fatto importantissimo è quello che nel Devoniano compariscono per la prima volta, colle piante terrestri, i primi indizi di terre vicine, e con queste i primi indizi della vita terrestre, cioè i primi insetti. Non bisogna credere però, come ho già dimostrato, che le terre devoniane siano le prime comparse fuori dalle acque. No, per quanto hanno di più dimostrato la fisica terrestre e la fisiologia animale. L'apparire per la prima

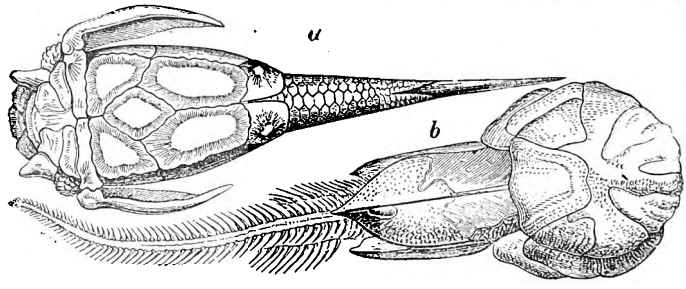


Fig. 376. — Pesci devoniani.

a. Pterichthys cornutas. — *b*. Coccosteus decipieas.

Digitized by Google

volta nel Devoniano di indizî di terre vicine, coperte di foreste, è un fatto come un altro; come sarebbe, per esempio, il non vedersi quasi altro che mare in epoche molto più recenti, dopo che sulle stesse nostre aree continentali erano sorti i monti, e v'erano distese boscose pianure. Chi non credesse all'esistenza delle terre, osservando i terreni Siluriani sparsi soltanto di reliquie d' animali marini, non sarebbe più logico di quello che, trovandosi in mezzo all'oceano Indiano o Pacifico, negasse l'esistenza dei continenti.

30. I mari interclusi, dove è molto probabile che si formassero specialmente i terreni devoniani, le piante e gl' insetti delle vicine terre, pare che annuncino prossima un'epoca in cui le medesime terre verrebbero ad occupare propriamente le aree occupate attualmente dalle nostre terre. Dal terreno Devoniano infatti, si sale al Carbonifero. In questa quarta epoca dell'èra paleozoica[1], i mari dominano ancora per lungo tempo sovrani sulle nostre aree continentali. Un'enorme formazione calcarea, chiamata *carbonifero inferiore o calcare di montagna*, ricca di una fauna marina strepitosa (Fig. 377), forma la base dei terreni di quest'epoca. Ma poi i liberi mari si convertono in litorali ed ecco un *carbonifero* medio, rappresentato da un'enorme massa di arenarie dure, rosse, chiamate *Milleston-greet.* Finalmente eccoci all' epoca carbonifera propriamente detta. I mari sembrano ritirarsi a intervalli dalle nostre aree continentali per dar luogo a va-

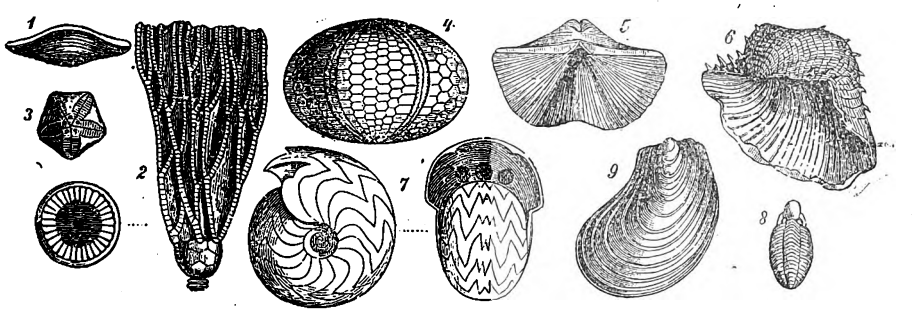


Fig. 377. — Fossili nel terreno carbonifero inferiore o del *Calcare-di-montagna.*

1. Fusulina cylindrica. — 2. Cyathocrinus. — 3. Pentatrematites florealis. — 4. Palechinus. — 5. Spirifer striatus. — 6. Productus semireticulatus. — 7. Goniatites crenistria. — 8. Phillipsia. — Posidonomya Becheri.

ste maremmane pianure, per ingoiarle di nuovo, appena siano coperte di sconfinate foreste. È questo infatti lo spettacolo che si presenta, non solo all'immaginazione, ma anche alla ragione del geologo, il quale studia quella porzione del terreno Carbonifero, da cui propriamente ricevette il nome tutta l'epoca; da quella porzione cioè nella quale, sopra uno spessore di migliaia di metri, si ripetono cento volte i letti o almeno le tracce di letti di carbon fossile. Le vicende dell'epoca carbonifera sono appunto queste: grandi fiumi lavorano a formare vastissime terre, ossia sconfinate pianure maremmane, come quelle del Nilo, del Gange, dei Missisipì, del Rio delle Amazzoni. Come le attuali pianure maremmane, massimamente l'ultima nominata, le pianure carbonifere si coprono di vegetazione palustre, quindi di dense foreste. Ma il suolo si abbassa; il mare ripiglia il suo impero su quell'aree boscose; le foreste, prima sommerse, poi sepolte sotto nuovi fanghi e nuove sabbie che vi portano i fiumi, si trasformano in letti di carbone. I fiumi stessi, continuando instancabili il loro lavoro, edificano un nuovo delta, un' altra maremmana terra, che si ricopre d' un' altra vegetazione, di un'altra foresta, destinata alle stesse vicende della prima, per convertirsi essa pure in carbone. Questa vicenda di abbassamenti e di soste sopra le aree vastissime indicate dalla presenza del carbon fossile, che si trova interstratificato a molti livelli in una pila di migliaja di strati argillosi o arenosi, indicano certamente un singolare magistero provvidenziale, in cui la natura, per lungo giro di secoli, impiegò tutte le risorse de' suoi tre regni. I grandi letti di ferro ossidato e carbonato, alternanti a volte a volte coi letti di carbone, compiono, diremo, il programma di questo magistero, e rappresentano quei periodi in cui le maremme carbonifere, nelle condizioni di limacciose paludi, erano occupate da vegetali palustri. Abbiamo già detto

Digitized by Google

parlando delle formazioni ferifere, come operino ora, e come dovessero operare i vegetali, vivi o morti, in tali condizioni, producendo appunto in seno alle acque stagnanti, grossi depositi di ferro limaccioso. La flora dell'epoca carbonifera, conservataci quasi entro un erbario colossale in quella gran pila di strati, doveva essere naturalmente ricca e potente. Si numerano già circa 1300 specie di piante carbonifere, delle quali circa 800 sono comuni all'antico e al nuovo continente, spingendosi fin sotto i ghiacci artici. I generi più comuni o, come direbbero gli agronomi forestali, le *essenze* che formavano principalmente le grandi foreste carbonifere, e diedero origine al carbon fossile, sono le *calamiti* (Fig. 379), i *lepidodendron*, le *sigillarie* e le *stigmarie*. Il genere *lepidodendron* (Fig. 380) vantava almeno 40 specie di grossi alberi, a tronco cilindrico slanciato, coperto di foglie a guisa di squame imbricate, come molte piante tropicali di *acotiledoni*. Il genere *sigillaria* (Fig. 380, 381), che può dirsi il sovrano di quella antichissima vegetazione, vanta un numero ancora maggiore di specie. Il nome di *sigillarie* viene a quelle piante dalle ampie

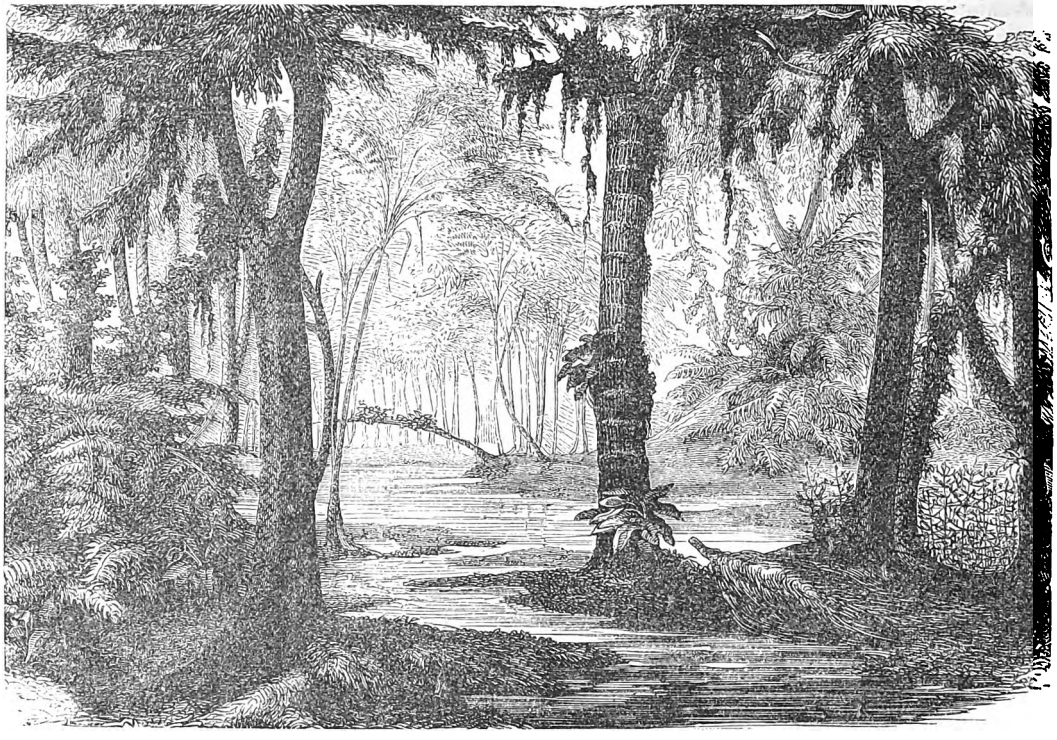


Fig 378. — Paesaggio ideale nell'epoca carbonifera.

cicatrici, in serie lineari, esattamente parallele, impresse come altrettanti suggelli, e lasciate dalle foglie allo stesso modo innestate nei tronchi cilindrici, la cui altezza superava talvolta i 20 metri, con un diametro di 1.50. Le piante del genere *stigmaria* (Fig. 383) hanno forma di radice, o piuttosto di rizomi, e come tali dipendono evidentemente dalle *sigillarie*. Ma pare dimostrato che non fossero altro, quasi direbbesi, che larve delle sigillarie. Cioè piante acquatiche, destinate, come alcune specie viventi, a crescere più tardi come piante terrestri, elevandosi sopra il pelo delle acque. In luogo delle cicatrici in forma di suggelli, allineate regolarmente, presentano altre cicatrici, in forma di tubercoli punti nel mezzo, in corrispondenza colle barbe per cui la pianta succhiava il nutrimento dal fondo paludoso, come fanno e si mostrano oggi i rizomi delle ninfee.

A quelle veramente vergini foreste corrispondeva una fauna tutta forestale di molluschi terrestri, di miriapodi, d'insetti, ed anche di rettili, appartenenti ai due ordini dei lacertiani e dei batraci, che fanno per la prima volta la loro comparsa sulla Terra. Tutto questo però è rappresentato da pochi individui, scoperti come a caso nell'interno o sotto

Digitized by Google

la corteccia di certi tronchi che rimasero in piedi ed isolati dopo la sommersione della rispettiva foresta.

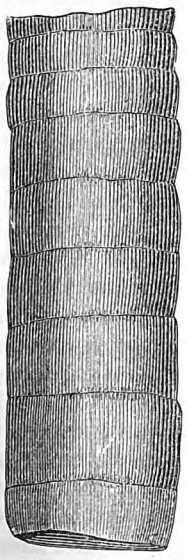


Fig. 379. — Tronco di *Calamites* (Carbonifero).

31. L'èra paleozoica si chiude con un lungo periodo, detto permiano dal governo di Perm in Russia. I terreni di quest'ultimo periodo paleozoico non sono ancora molto conosciuti. Pare che vi si continuino su per giù le condizioni dei mari carboniferi. Noi possiamo considerare il terreno *Permiano*, come la pietra sepolcrale di un grande avello, che racchiude le reliquie di quelle infinite generazioni che si succedettero sulla Terra in un giro veramente infinito di secoli. Il mondo vide almeno venti volte in quell'èra antichissima lo sterminio totale e il radicale rinnovamento de' suoi abitatori. Dalle ceneri d'una generazione estinta, rivivono in parte, ma sotto altre forme specifiche, le famiglie e i generi degli animali e delle piante. Però alcune di queste famiglie e di questi generi sono, a ciascuna vicenda, spenti per sempre, e sostituiti da nuove famiglie, da nuovi generi, sconosciuti ai mondi che precedettero. Ma i regni organici si dilatano e s'arricchiscono sempre. Se perdono un tipo generico, ne guadagnano dieci; se perdono cento specie, ne guadagnano mille. Intanto, se confrontiamo le terre e i mari attuali, colle terre e coi mari di cui leggiamo la storia nelle antichissime formazioni, che ci resta di quei mondi, che rappresentano forse i nove decimi del tempo che corse dalla prima animalizzazione del globo fino a noi? Dei generi pochissimi; delle specie nessuna. I generi ancora viventi, i quali, come i generi nautilo, lingula, ostrica, terebratula, ecc., rimontano fino all'epoca paleozoica, sono 160 o poco più. Ma questa vicenda di vita e di morte, questo continuo rinnovarsi degli abitatori del mondo, questo perfezionarsi, arricchirsi e salire sempre più alto dei regni organici, non cessa col chiudersi dell'epoca paleozoica. Il suo massimo vanto è quello d'aver prodotto dei pesci e dei rettili. Mancano gli uccelli, mancano i mammiferi, destinati da soli a rappresentare un'altissima scala che sale per molti gradini; manca un'intelligenza unita ad un organismo corporeo, onde ci sia finalmente sulla terra uno spettatore di tante meraviglie. Ma altri mondi ci separano dai mondi primitivi.

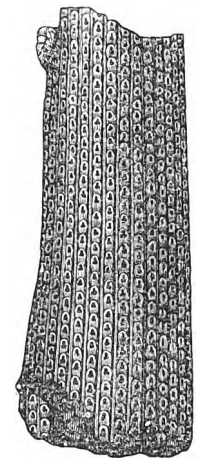


Fig. 381. — Tronco schiacciato di *Sigillaria* (Carbonifero)

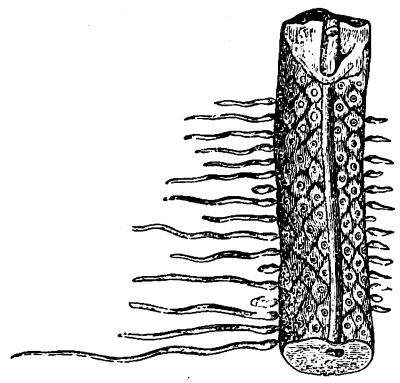


Fig. 382. — Tronco di *Sigillaria* (Carbonifero) con foglie

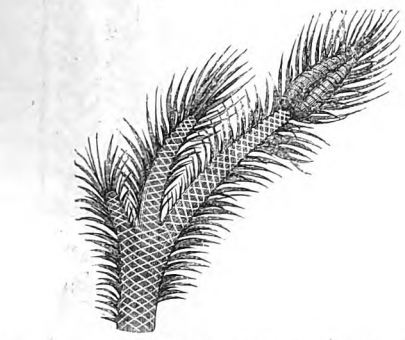


Fig. 380. — Ramo di *Lepidodendron* (Carbonifero).

B. Era mesozoica.

32. All'èra paleozoica succede la mesozoica; molto più breve, ma che pure abbraccia periodi di tempo lunghi quanto basta per spaventare l'immaginazione.

La prima epoca, in cui si divide l'èra mesozoica, è quella del *trias*, o come sarebbe a dire d'una *triade* di terreni, in quanto che le sue formazioni sono divisibili in tre grandi gruppi. Quanto al totale delle formazioni tria-

Digitized by Google

siche, esso è rappresentato da una pila di strati, la cui altezza supera i 3000 metri. I liberi mari continuano ad occupare vaste porzioni delle nostre aree continentali. Lo dicono principalmente le Alpi e le Prealpi nostre, dove si svolgono quelle enormi masse di calcari e di dolomie, vere creazioni coralline, ricche di una fauna marina infinitamente numerosa di generi e di specie, dove le spugne, i coralli, gli echinodermi, i molluschi d'ogni ordine fanno a gara a mostrarsi (Fig. 387). In altri strati calcarei e marnosi si presentano poi numerosi i pesci e i rettili e segnano piuttosto i litorali, che i liberi mari. Se guardiamo però alla grande estensione delle formazioni triasiche in Europa e in America, le nostre aree continentali ci presentano in quella lontanissima epoca quasi un solo continente, tutto frastagliato da seni di mare e sparso di mediterranei e di caspi, incorniciati da vasti deserti; le condizioni insomma del Sahara, e delle immense regioni distese tra il Caucaso e i primi altipiani dell'Asia centrale. Ciò non toglie che al trias mancasse l'onore di una ricca flora, e quindi l'ornamento di grandiose foreste maremmane o palustri, dove torreggiavano i giganteschi *equiseti* (Fig. 385 e 387). Quei bacini di mare intercettati, appena in qualche comunicazione col mare, si convertono in quelle grandi saline naturali, che diedero luogo alla formazione di quei banchi di salgemma, enormi e vastissimi, per cui i terreni del *trias* furono anche presentati sotto l'unico nome di *formazione salifera*. Le continue oscillazioni della crosta del globo, impiegate nell'epoca carbonifera a rinnovare i mari, le terre e le foreste per moltiplicare i banchi di carbone, sono qui invece impiegate a rinnovare i bacini e le acque per moltiplicare

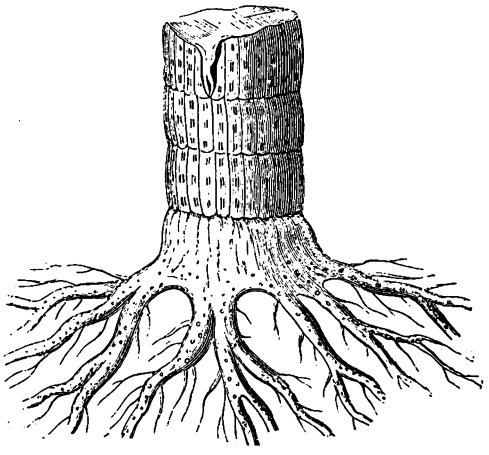


Fig. 383. — Tronco di *Sigillaria* con radice di *Stigmaria* (Carbonifero).

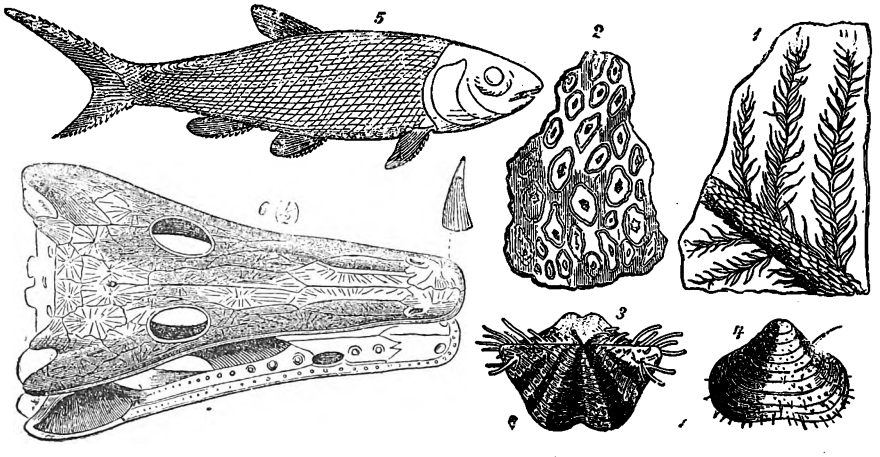


Fig. 384. — Fossili permiani.

1. Walchia piniformis — 2. Psaronius asterolithus. — 3. Productus horridus. — 4. Strophonema excavata. — 5. Palaeoniscus Freieslebeni. — 6. Archaeosaurus Decheni.

i banchi di sale. È sempre lo stesso magistero provvidenziale della natura. Alcuni di quei bacini interni, dove più abbondavano le piogge, si convertivano in laghi d'acqua dolce. Sui fanghi dei bassi fondi e dei lidi, ora conversi in dure rocce sabbiose od argillose, si improntavano le orme dei numerosi abitatori dei vasti deserti che cingevano quei bacini d'acque dolci o salate. Fra quelle di molti rettili, si scoprono le orme, e quasi direbbonsi le passeggiate di quei *Labirinthodon*, (Fig. 386) ch'erano quasi rane o rospi della grossezza del

Digitized by Google

Digitized by Google

mammifero. È il *Microlestes antiquus;* (Figura 388, n° 6); un marsupiale della grossezza d'una talpa; quasi un primo tentativo della natura per salire a quelle altezze della organizzazione, degne di essere coronate da un mammifero intelligente. Anche quei litorali infraliasiaci si dissipano.

Fig. 386. — Orme d. *Labyrinthodon* Trias.

L'Europa, se così può chiamarsi l'area su cui essa è attualmente distesa, presenta l'aspetto quasi d'un vasto arcipelago, sulla forma di quello dell'oceano Indiano. Sui liberi mari che circondano quelle isole si moltiplicano testacei d'ogni genere.

I coralli fabbricano banchi ed isole coralline. I *pentacrini*, i *millecrini* ecc, coprono di sterminate foreste i fondi dei mari. La progenie degli ammoniti, ch'era apparsa sotto forme speciali nella precedente epoca del trias, qui si moltiplica in un modo spettacoloso, prendendo il posto dell'antica famiglia dei *nautilidi*, di cui non restano più altri rappresentanti che alcune specie del genere *Nautilus*, o poche altre somiglianti. Tra i nuovi tipi comparsi figurano, e si sviluppano, sovrane dei litorali, le *belemniti* dall'enorme massa carnosa, somigliante a quella dei polpi e delle seppie, armata posteriormente quasi d'un rostro d'acciajo, cioè d'un cono lungo e pontuto, composto di calcare durissimo. Ma meraviglie maggiori presentano le isole stesse, coperte di vigorose foreste, solcate da' fiumi potenti, dove formicolano, come sulle rive o in seno alle acque del Nilo e del Gange, o come sui lidi dell'America e dell'Australia, infiniti rettili dalle forme strane, dalla mole

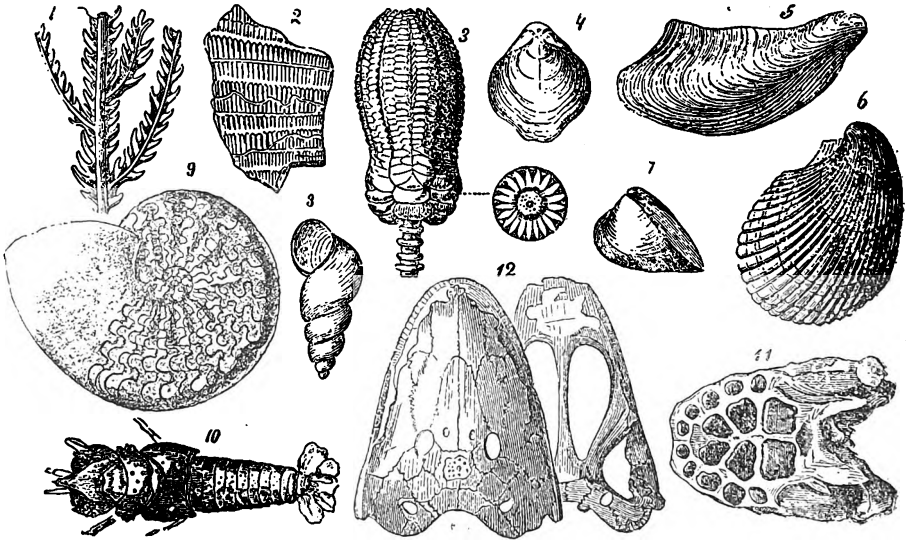


Fig. 387. — Fossili triasici.

1. Voltzia eterophylla. — 2. Equisetum columnare. — 3. Encrinus liliiformis. — 4. Waldheimia vulgaris. — 5. Gervillia socialis. — 6. Lima striata. — 7. Myophoria cardissoides. — 8. Melania Schlotheimii. — 9. Ceratites nodosus. — 10. Pemphix Sueurii. — 11. Placodus gigas. — 12. Capitosaurus robustus.

spaventosa. Il *lias*, secondo l'espressione del Dana, rappresenta il *meridiano dei rettili.* Nulla infatti presentano di paragonabile a quella moltitudine dei rettili giuresi nè le epoche antichissime, nè le moderne. I *Teleosaurus,* simili al gaviale, misuravano una lunghezza di 5 metri. Un *Dinosaurus*, prossimo per forme al coccodrillo, raggiungeva i 20 me-

Digitized by Google

tri di lunghezza. L' *Enaliosaurus* era una lucertola di circa 15 metri. Ma la famiglia che si può dire il trionfo dell'epoca giurese è quella degli *Ittiosauridi*, che vorebbe dire dei *pesci lucertole*. Il genere *Ichthyosaurus* (Fig. 391 n° 1) colla forma di un delfino, colla testa di ramarro, denti di coccodrillo, vertebre di pesce, sterno di ornitorinco, natatoie di delfino, presentava un gran numero di specie, alcune delle quali misuravano almeno 15 metri di lunghezza. Ai mostruosi caratteri del genere precedente aggiungete un collo di cigno, e

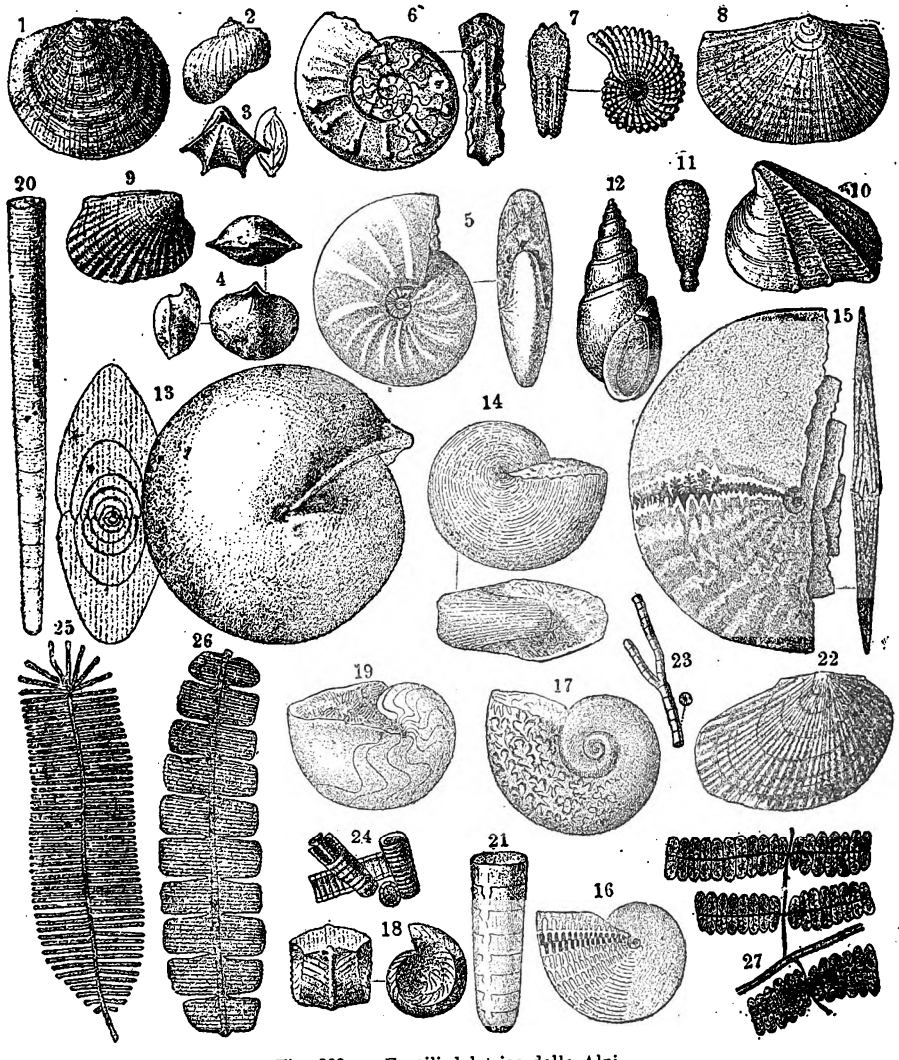


Fig. 388. — Fossili del trias delle Alpi.

1. Posidnnomya Clarae. — 2. Naticella costata. — 3. Retzia trigonella. — 4. Spiriferina Mentzeli. — 5. Amm. Studeri. — 6. Ceratites Cassianus. — 7. Amm. Aon. — 8. Halobia rugosa. — 9. Carddita Crenata — 10. Myorhoria Kefersteinii. — 11. Cidaris dorsata. — 12. Chemnitzia gradata. — 13. Amm. galeatus. — 14. — Amm. tornatus. — 15. Amm. Metternichii. — 16. Amm. Haidingeri — 17. Amm. neojurensis. — 18. Anm. subbullatus. — 19. Nautilus Sauperi. — 20. Orthoceras salinarium — 21. Auloceras alveolare. — 22. Monotis salinaria. — 23. Dadocrinus. gracilis — 24. Giroporella annulata. — 25. Pteropyllum Jaegeri — 26. Pteroph. Haidingeri. — 27. Alethoptrris M riani.

avrete il *Plesiosaurus*. (Fig. 391, n° 2). Ma ancora più strana è la famiglia dei *Pterodactylus*, lucerti volanti a modo dei pipistrelli, che vantavano un corpo della lunghezza fin di oltre due metri.

Nel periodo oolitico si mantiene abbastanza, in mezzo a mille vicende, la fisonomia del periodo precedente. Stranissimo quel tipo d'uccello (*Archeopteryx* Fig. 392), con una coda formata di tante vertebre, quante può averne

Digitized by Google

un rettile lacertiano, che comparve sulla fine dell'epoca in mezzo alla fauna merivigliosa, conservataci dai celebri calcari di Solenhofen. Il fatto più rimarchevole, per ciò che riguarda la storia delle apparizioni organiche, è la comparsa di quello sciame di mammiferi marsupiali, nei cosidetti strati di Purbeck, di cui si contano già oltre 20 specie. Questo è il massimo sforzo della natura durante l'èra mesozoica, che si chiude con questo, direbbesi, semplice abbozzo di una creazione che formerà la maraviglia delle epoche seguenti.

34. A chiudere però l'èra mesozoica ci rimane ancora l'*epoca cretacea*, o della creta, che prende il nome da un calcare terroso, bianco, che si chiama anche *creta bianca*, che si dice *craie* in francese, e fu molto male tradotto dagli italiani colla parola *creta*, che significa argilla. Direbbesi che nella creta la natura continuasse la sua musica creatrice sul tema della forma giurese, sviluppandone e variandone quanto essa ci presenta di più saliente, nominatamente in ordine ai testacei marini. Dal genere *Ammonites*, per esempio, sembra ch'escano fuori cento altri generi, chiamati *Crioceras*, *Scaphites*, *Hamites*, *Ptychoceras*, *Baculites*, *Turrilites* ecc. Le copiose *Belemnites* invece sono sostituite dal solo genere

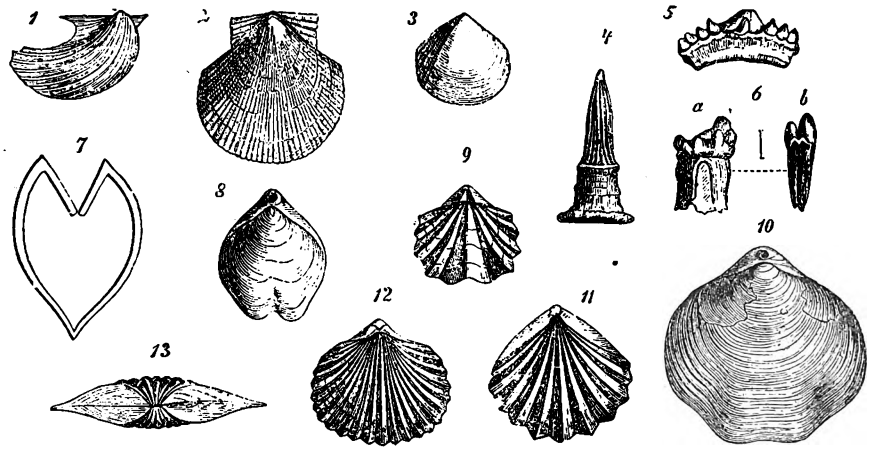


Fig. 389. — Fossili infraliasici.

1. Avicula contorta. — 2. Pecten Valoniensis. — 3. Cardium rhaeticus. — 4. Saurichthys apicalis. — 5. Hybobus. — 6. Microcelestes antiquus. — 7. Dicerocardium triquetrum. — 8. Terebratula gregaria. — 9. Spirifer Münsteri. — 10. Spirigera oxycolpos. — 11. Rhynconella austriaca. — 12. Rhynconella fissicostata. — 13. Rhynconella cornigera.

Belemnitella. I rettili continuano ancora sotto altre forme, ma diminuiti di numero. Quanto alla mole, basti citare l' *Iguanodon*, mostruoso rettile, somigliante agli *iguani*, che frequentano in oggi i boschi tropicali d' America, ma lungo da 15 a 18 metri. Esso abitava un grande estuario, altrettanto vasto quanto il delta del Gange, sull'area ora occupata dall' Inghilterra. Ma dopo queste e troppe altre cose che si potrebbero dire delle diverse formazioni componenti il terreno della creta, bisogna fermarsi alquanto sulla formazione più caratteristica, cioè sulla *creta* propriamente detta, o creta bianca. Essa ci fa dire che ancora una volta l' oceano volle riprendere il suo universale dominio sulle aree dei nostri continenti. I recenti scandagli nelle massime profondità sottomarine ci hanno persuaso di considerare la creta bianca come un fango, simile a quello, tutto composto di microscopici organismi calcarei, con poca miscela di altri, che occupa appunto tutta l'estensione dei fondi oceanici al disotto di circa 1000 metri dal livello del mare. Considerata sotto questo punto di vista, che è dimostrato vero con un' infinità d'argomenti, la creta bianca col suo spessore di 300 metri, colla sua estensione di 4000 chilometri almeno, quanti ne misura dall'Irlanda alle terre dei Chirghisi, sopra una larghezza di 1100 chilometri, quanti ne misura dalla Scozia meridionale a Bordeaux, segnerebbe un oceano cretaceo, come abbiamo già accennato, più vasto dell'Atlantico settentrionale, disteso sopra le aree occupate attualmente dalle terre e dai mari di due continenti.

Al chiudersi dell'èra mesozoica abbiam bisogno di ritornare anche su certi fatti, accennati sommariamente, quando parlammo delle prime epoche dell' animalizzazione del globo.

Digitized by Google

Lo studio delle ricchissime forme cretacee in America e in Europa ci mostra come durasse ancora quell'universalizzazione della vita, e quel cosmopolitismo delle specie organiche, che fa tanto contrasto col rigoroso acquartieramento, o accantonamento degli organismi dell'epoca attuale, in cui ogni continente ed ogni mare, e quasi ogni provincia, ogni isola, ogni golfo, hanno ciascuno una fauna ed una flora speciale. Il Dana numera 30 specie di molluschi o echinodermi marini fossili d'Europa, che si rinvengono anche nel Nord o nel Sud America e alcune dell'Asia sud-ovest e nell'India. Il clima dunque manteneva quell'uniformità che ammirammo nelle epoche precedenti. La recente scoperta d' una flora artica dell'epoca cretacea mette in piena luce questo fatto singolarissimo di quel clima dolce, anzi caldo, che nell' infinito giro dei secoli che corsero dal principio dell'èra protozoica alla fine dell'epoca cretacea, doveva rendere deliziose quelle plaghe ora coperte sotto montagne di ghiaccio. La flora fossile, i cui avanzi si raccolgono ora in Groenlandia fin verso il 71° di latitudine boreale, era una flora tropicale.

Siamo però alla vigilia d'una grande evoluzione. Su quell'aree stesse, dove ci fu per

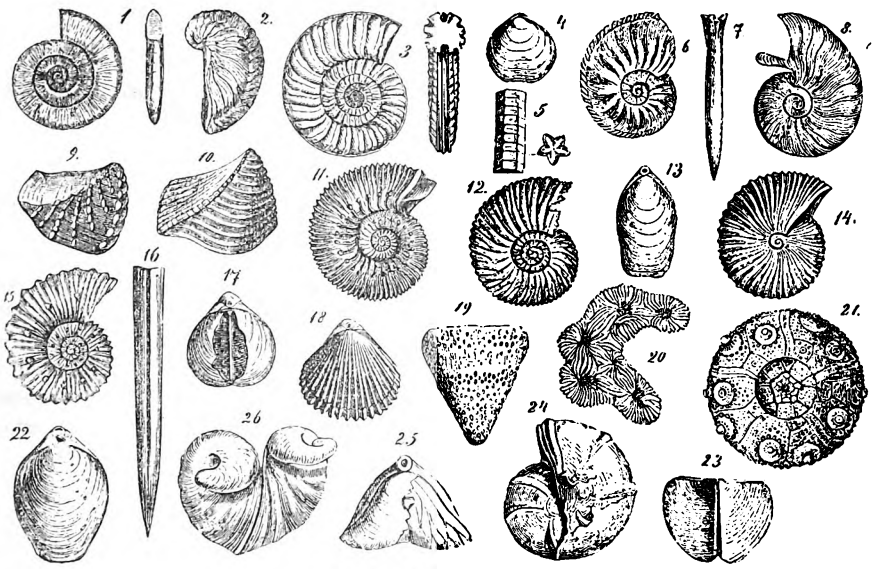


Fig. 390. — Fossili liasici.

1. Ammonites planorbis. — 2. Gryphaea arcuata. — 3. Amm. Bucklandii. — 4. Terebratula numismalis. 5. Pentacrinus basaltiformis — 6. Amm. margaritatus. — 7. Belemaites paxyllosus. — 8. Amm. opalinus. 9. Trigonia navis. — 10. Trig. costata. — 11. Amm. humphriesianus. — 12. Amm. planulatus. — 13. Terebr. lagenalis. — 14. Amm. macrocephalus. — 15. Amm. ornatus. — 16. Belemnites canaliculatus. — 17. Terebr. impressa. — 18. Rhynchonella lacunosa. — 19. Spongites reticulatus. — 20. Astrea confluens. — 21. Cidarites coronatus. — 22. Terebratula insignis. — 23. Aphychus latus. — 24. Amm. tatricus. — 25. Terebr. diphya. — 26. Dicevas arietina.

dir così una continua battaglia di mari e di terre, rimanendo sempre vincitore il mare, che le terre appena fatte ringoiava, regnando dovunque tiranno; su quell' aree, dico, nuove terre stanno per dare al mare una definitiva battaglia. Il mare sarà da ogni parte respinto, e le nuove terre, divenuta la sede di nuove numerosissime progenie d'animali superiori, diverranno finalmente la sede dell'uomo. La natura comincerà questo grande lavoro finale col'a trasformazione delle aree marine in aree continentali; colossale lavoro che sarà condotto a buon termine nell' èra cenozoica. Passerà in seguito all'ordinamento dei nuovi edifici continentali, in guisa che possano servire d' opportuna abitazione all'uomo. In questo finimento delle terre cenozoiche sarà impiegata l'èra neozoica, continuandosi nell' antropozoica, l' èra novissima, colla quale si chiude pel geologo il ciclo delle passate rivoluzioni telluriche.

C. Êra cenozoica o dei terreni terziari.

35. I terreni terziarî, nei quali si legge la storia dell'èra neozoica, furono così chiamati da Werner (se pure non debbasene attribuire il merito all' Arduino), il quale seppe molto bene

Digitized by Google

aggrupparli e distinguerli da quell'immane serie di terreni ch'egli divise in secondarî e primitivi, e che ora rappresentano i già descritti terreni paleozoici, triasici, giuresi e cretacei. Se diamo uno sguardo alle faune terziarie, ci accorgiamo facilmente che c'è quasi un salto tra quel mondo antico, che sarebbe rappresentato da tutte le epoche precedenti, e un mondo nuovo, ancora in via di svolgimento. Tutto infatti, direbbesi, nei terreni terziarî sente di nuovo. Quanto di strano ci colpì nelle antiche faune paleozoiche e mesozoiche, messe a confronto colla fauna attuale, è letteralmente scomparso. Nulla che ci ricordi quelle cistidee

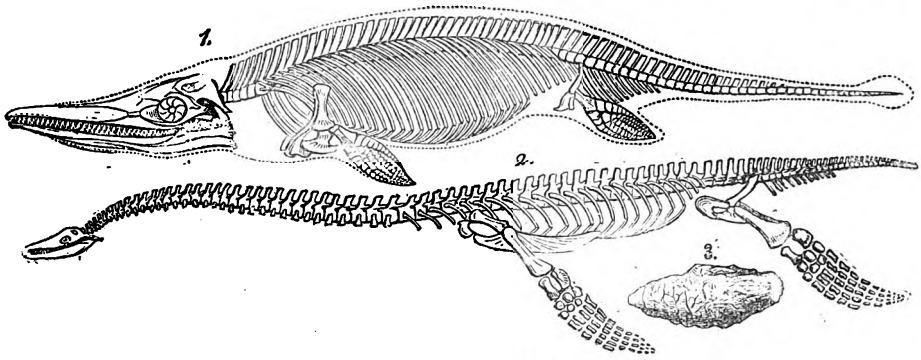


Fig. 391. — Retili del lias.

1. Iehthyo aurus communis. — 2. Plesiosaurus dolichodeirus — 3. *Coprolite* di Ichthyosaurus.

quei graptoliti, quei trilobiti e quelle altre specialità che danno una così strana impronta ai terreni paleozoici. Nulla che ci ricordi quei batraci giganteschi, o quegli enormi rettili

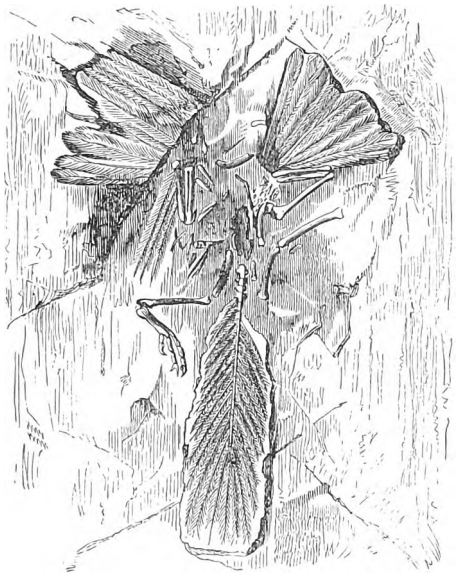


Fig. 392 — *Archeopteryx*. — Uccello nel calcare di Solenhofen.

in abito d'uccelli o di pesci che animarono le scene fantastiche dell'èra mesozoica. Nulla che ci richiami quelle belemmiti, quegli ammoniti, i quali con tanta ricchezza di forme e bellezza d'ornamenti diedero spicco ai quadri tanto geniali del Giura e della Creta, e fin quelle rudiste, che diedero una tinta così bizzarra alla rappresentazione colla quale si chiuse l'antico teatro del mondo. Le faune terziarie, specialmente le marine, rappresentate a quest'ora da ben oltre 7000 specie di testacei d'ogni genere, benchè ancor specificamente distinte dalla fauna attuale, ne sono, quanto alle forme generiche, quasi un *fac-simile*.

Un fatto tutto nuovo caratterizza l'èra cenozoica: è cioè la prima volta che noi ci troviamo a fronte di specie viventi. Dallo strato che chiude l'epoca cretacea, discendendo giù giù fino a quello che forma la base del terreno cambriano, non troviamo che specie estinte. L'aurora dell'èra cenozoica invece è salutata da una bella schiera di conchiglie, i cui discendenti segnano di orme serpeggianti le arene delle nostre piagge. Quella schiera, poco numerosa da principio, sempre più s'ingrossa mano mano che si sale la serie stratigrafica, talmente che non si saprebbe alla fine così facilmente decidere se ci troviamo ancora nell'èra cenozoica, o non siamo già entrati nell'antropozoica.

Un'altra grande caratteristica dell'èra cenozoica l'abbiamo nell'abbondanza, nello sviluppo, e, quasi diremmo, nell'apparizione dei mammiferi. Gli strati dell'èra mesozoica ci presentarono, è vero, un formicolio di piccoli marsupiali. Ma tra questi e i mammiferi a placenta c'è un gran salto. I mammiferi perfetti non ci compariscono che nell'èra cenozoica; la loro apparizione è spettacolosa, e

Digitized by Google

ricorda quella dei pesci nell'epoca devoniana, e quella dei rettili e degli uccelli nell'èra mesozoica. I ruminanti, i rosicchianti, i pachidermi, le fiere, i pipistrelli compariscono o insieme o a piccoli intervalli, in frotte sempre crescenti, quasi incalzati da una forza misteriosa che li spinge sul teatro del globo. Sulla fine poi dell'èra cenozoica compariscono anche, benchè tardi, scarsi e piccoli di mole, i quadrumani. Contemporaneamente le onde del mare si sentono fesse per la prima volta da quei nuovi mostri, destinati a vivere nelle acque come i pesci, respirando l'aria come le bestie della terra. Sono foche ch'empiono il mare di bizzarre carole; sono delfini che l'arco del dorso fanno nereggiare sullo specchio azzurro dell'onde; sono balene, che aprono enormi solchi nei campi del mare. Il regno animale si può dire dunque compìto; completo lo spettacolo sul teatro della Terra. Ma c' è forse sulla Terra un essere che lo contempli?...

Con questo che abbiam detto dei mammiferi cenozoici, abbiam già toccato in un punto un quinto fatto più generale ed eminentemente caratteristico della nuova èra, di fronte alle antiche. Il fatto è questo che la fisonomia terrestre delle faune si va mano mano sostituendo, in ultimo quasi affatto, alla fisonomia marina delle epoche precedenti. Anche se si guardi alle formazioni marine, ancora molto sviluppate nel mezzo dei terreni terziarî, facilmente vi s'incontrano in gran copia specie di acqua salmastra o di acqua dolce. Gli animali di acqua dolce dicono fiumi e laghi; i laghi e i fiumi dicono terre. Presto i terreni terziarî non sono più in molti luoghi che depositi d'acque dolci. Alle copiose reliquie di molluschi d'acqua dolce, si mescolano quelle dei molluschi terrestri, e gli ossami dei mammiferi, trascinativi dalle correnti, vi formano quei vasti ossarî, quei lugubri cimiteri di belve, che han reso famose tante località formate da terreni terziarî d'ogni epoca o da terreni più recenti. Miriadi d'insetti ingombravano l'aria in quei tempi, e a sciami, a colonne, si alzavano dalla superficie degli stagni, riempiendo quasi d'un fitto polverio le radure delle foreste, le quali appunto, formando erbari di foglie, o ammassi e strati di tronchi in seno ai terreni terziarî, ci rinnovano nella fantasia, gli spettacoli dell'epoca carbonifera. Sarebbe infinito il dire di tutti i generi d'animali che rispondono all'ideale di quelle terre nascenti, e in continua foga di sviluppo, solcate da fiumi, tempestate di lagune e di laghi, coperte di dense foreste, quasi in aspettazione del sovrano della natura, che si preparava a fare il suo ingresso nel suo regno preparato dai secoli. Le tartarughe mutano i lenti passi sul suolo pantanoso; i coccodrilli guatano minacciosi sulle rive dei fiumi, i pesci, le rane, le salamandre, si sollazzano nelle onde, mentre sui lidi strisciano numerosi serpenti e lucertole. Numerosi uccelli rapaci si alzano nell'aria, mentre pedinano tra gli sterpi galli e pernici, o formicolano nei canneti ardee, foliche, anitre e pellicani.

ERA CENOZOICA.

Rimane ancora a dire d'una caratteristica molto singolare, che separa affatto nella storia del globo l'èra cenozoica dalle precedenti. Abbiamo veduto come, dal principio dell'èra paleozoica fino al termine della cenozoica, regnasse sulla superficie del globo un clima caldo ed uniforme, che popolava di coralli i mari, e copriva di tropicali foreste le terre polari. L'èra cenozoica ci presenta invece nelle sue faune e nelle sue flore una graduale ma profonda modificazione del clima tellurico, che segue di pari passo, evidentemente come effetto, la graduale sostituzione dei continenti ai mari, ossia l'aggrupparsi dei primi verso il polo artico, mentre i secondi venivano respinti verso l'antartico. Si direbbe che ci sia un graduale e progressivo raffreddamento alla superficie del pianeta; ma ormai pare che non si tratti d'altro che del venire mancando di quella uniformità, che rendeva possibile nelle epoche precedenti l' universalizzazione delle singole flore e delle singole faune. Il clima uno e quasi uniforme tra l'equatore e i poli, si spezza, direbbesi, in tanti climi, ciascuno dei quali va sempre più accantonandosi e accentuandosi.

Attualmente non ci basta più di distinguere un clima torrido e subtorrido, temperato e subtemperato, glaciale e subglaciale; mentre tra il caldo di 50 gradi del Sahara e d'altre regioni tropicali, al freddo pur di 50 e più gradi delle regioni polari, c'è tal scala ascendente o discendente, che meriterebbe d'essere divisa in un numero maggiore di gradini.

Basterebbe però, per ritornare al clima caldo e uniforme delle ère paleozoica e mesozoica, che noi potessimo disporre di quanto v'ha d'eccessivo nei calori tropicali, per regalare un mite clima alle polari, e di quanto v'ha d'eccessivo nei geli di queste, per temperare le eccessive caldure di quelle. Sta il fatto intanto che, mentre nell'epoca cretacea foreste tropicali e subtropicali ombreggiavano il polo artico, sulla fine dell'èra cenozoica esso ci appare già coperto da montagne di ghiaccio.

Digitized by Google

Ma il fatto più meraviglioso, più caratteristico dell'epoca, è ancora quello che accennammo della trasformazione totale della superficie del globo, cioè della sostituzione dei nostri continenti agli antichi mari che ne occuparono le aree. Il che vuol dire necessariamente che avviene anche nell'epoca stessa la sostituzione dei mari attuali agli antichi continenti. Di questo fatto grandioso ci formeremo un concetto più adeguato, dicendo qualche cosa delle singole epoche, rappresentate da singoli gruppi di formazioni, in cui si divide anche l'èra cenozoica.

36. Da *eos*, aurora, e *kainos*, recente, venne il nome di *Eocene* alla prima epoca dell'èra cenozoica, rappresentata appunto dai terreni eocenici. Abbiamo lasciato, sulla fine dell'epoca cretacea, il mare sovrano dei nostri continenti, e ve lo troviamo ancora al principio dell'epoca eocenica, in vista, direbbesi, di allargare, piuttosto che di restringere, i suoi dominî sulle nostre aree continentali. Il *terreno nummolitico*, principale rappresentanza del periodo eocenico, mostra a tutta evidenza che si nascondevano ancora sotto al mare i grandi rilievi della Spagna, della Francia, dell'Italia, del Marocco, dell'Egitto, della Siria, dell'Asia minore, Persia, Arabia, India, Giappone, ecc. Insomma di tutti i rilievi dell'antico continente non esistevano ancora che alcune cime più elevate, che formavano altrettante isole in seno ad un oceano sconfinato. Il calcare nummolitico infatti, che si estende a tutte le regioni suddette, e si mostra in oggi elevato sul livello del mare fino a 3000 metri circa sulle Alpi e a 4000 nell'Imalaja, è certamente una formazione d'aperto mare, anzi d'un oceano profondo. Come abbiamo visto, oggi le profondità sottomarine sono coperte di uno strato enorme, quasi direbbesi di calcare vivente, come quello formato da un immane accumulamento di spoglie calcaree di minutissimi foraminiferi. Ebbene anche allora quell'oceano, da cui stavano per sollevarsi i continenti, era

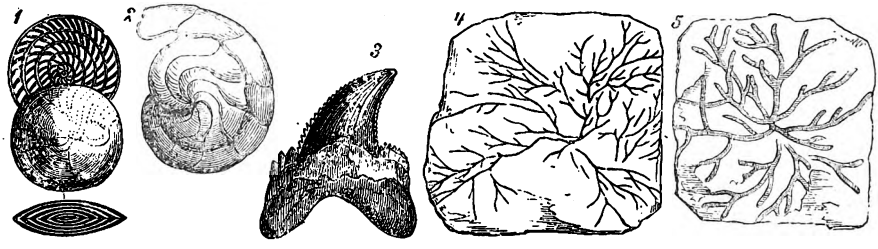


Fig. 393. — Fossili eocenici.

1. Nummulites. — 2. Aturia (Nautilus) lingulata. — 3. Carcharodon heterodon (Squalo). — 4. Chondrites intricatus (Tucoide). — 5. Condrites Targioni.

tutto coperto d'uno strato di foraminiferi appartenenti al genere *nummulites* (Fig. 393, n.° 1), tanto ricco di forme specifiche. Le nummoliti sono conchiglie discoidali o lenticolari, formate quasi da una lamina calcarea che si rotola sopra sè stessa, formando una spirale a molti giri. L'intervallo che separa ciascun giro di spira è diviso in tante piccole celle, mediante un numero infinito di lamelle calcaree, che partono, sotto un angolo semiretto dalla lamina principale. È singolare il vedere come questi enti, che occupano quasi l'ultimo gradino della scala animale, divengano d'un tratto sovrani dei mari, e preparino, con assiduo lavoro, nella profondità dell'oceano quei monti e quelle catene, destinate fra poco a levare la fronte fuori delle acque, per spingerla fin nelle più alte regioni delle nubi e delle nevi perpetue. Ciò non vuol dire tuttavia che una fauna straricca d'altri testacei marini, ignoti ai mondi che furono, non lavorassero con lena affannata alla grand'opera.

Verso la fine del periodo eocenico infatti sembra che un palpito potente agiti la Terra. I fondi marini si levano, quasi gonfiandosi su mille punti. Sono dapprima scogli, poi isole seminate nell'ampiezze dei mari, poi vaste terre che vanno ogni giorno più guadagnando di mole e vestendo le forme di veri continenti. Il mare è così gradatamente respinto, e in via d'abbandonare le aree per tanti secoli occupate, forma, tra le braccia allungatesi delle nuove terre baje, seni, golfi e bacini, che ancora sono delineati stupendamente dalle depressioni e pianure isolate, a cui fanno cornice in tutte le regioni del globo le creste più elevate dei monti. Uno di questi bacini, che formossi appunto nell'epoca eocenica, è quello di Parigi.

La capitale della Francia è infatti collocata

Digitized by Google

quasi nel mezzo d'una conca, circondata di monti e solcata da fiumi, che disegna ancora un gran golfo, che si venne a poco a poco riempiendo e colmando, in mezzo a cento oscillazioni, e a vicende infinite, espresse al vivo in quella numerosa serie di strati poligenici che formano il sottosuolo della grande città. Sono sabbie marine, ricche di nummoliti e di conchiglie d'ogni specie; sono sabbie d'acque dolci, sparse di conchiglie lacustri, o argille plastiche, o calcari grossolani, o marne, o letti di ciottoli, o grandi banchi di gesso. Tutte queste forme litologiche si sovrappongono, si alternano, si ripetono. Si vede chiaramente nella moltitudine infinita degli animali, che vi lasciarono le loro spoglie, che ferve continua la lotta tra il mare e la terra, mentre questa tende continuamente a respingere quello, e quello a riprendere questa, finchè la vittoria rimane alla terra, e il bacino di Parigi, dapprima occupato dal mare, poi alternatamente da acque salse e da acque dolci, finisce a diventare una vasta plaga solcata da fiumi, e tempestata di laghi. Depositi lacustri sono diffatti quelli che rappresentano l'eocene superiore nel bacino di Parigi. A vicende quasi identiche è soggetto il bacino di Londra, ed a vicende analoghe quelli della Francia centrale, del Belgio, ecc.

Ho detto che nell'epoca terziaria fu veramente spettacolosa la comparsa dei mammiferi. Bastano a darne un'idea i famosi gessi di Montmartre, nel bacino di Parigi, campo famoso ove illustrossi il genio di Cuvier. Quella formazione gessosa, prodotta evidentemente da precipitazione di acque contenenti in copia il solfato di calce, è quasi priva di animali acquatici; ricchissima invece di terrestri, portatevi dalle correnti. Quindi un primo esempio di quegli ossari, a cui accen-

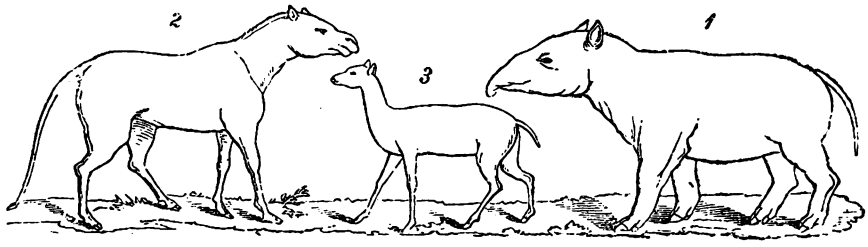


Fig. 394. — Mammiferi fossili eocenici di Montmartre ristorati da Cuvier.

1. Palaeoterium magnum. — 2. Anoplotherium commune. — 3. Xiplodon gracile.

nammo più sopra. In questo si riconobbero ben 50 specie di mammiferi, per lo più pachidermi affini al tapiro e al cavallo. Vi si trovano però anche scojattoli, pipistrelli, marsupiali, oltre molte specie d'uccelli.

37. Quella mossa, per cui i novelli continenti tendono a sostituirsi agli antichi mari, continua col miocene, ossia col periodo di mezzo dell'èra cenozoica. Le terre si dilatano; vette minori s'aggiungono a quelle già apparse nell'epoca eocenica; l'oceano è sempre più da ogni parte respinto; le grandi catene separano nuovi bacini oceanici, e le catene minori determinano nuovi mediterranei, nuovi golfi, nuove baie. Ma questi bacini marini tendono a prosciugarsi; i fondi coperti dal libero mare, si cambiano in maremme; le maremme divengono pianure seminate di laghi; le pianure si trasformano in valli e altipiani. Il mondo vivente tiene dietro colle sue evoluzioni alla evoluzione del globo. Non è più possibile perciò additare una di quelle formazioni che descrivono, come quelle delle epoche precedenti, alcun vasto orizzonte. Caratteristici della nuova epoca sono invece il frazionamento dei terreni, la loro localizzazione in bacini parziali, e la prevalenza sempre crescente della loro indole maremmana o lacustre, chiarita dalla stessa natura dei depositi, e meglio ancora dai fossili. Intanto l'assenza delle formazioni mioceniche descrive già vaste porzioni dei nostri continenti, già emersi dal mare, e in via di continuo sollevamento.

L'Inghilterra, per esempio, con scarsi lembi di terreni miocenici, si può dire già per intero formata. La Spagna ci si presenta come una regione di grandi laghi. Il mare occupa però ancora gran parte della Francia, della Germania e dell'Italia. Cominciando però dalla Francia, essa è in via di rapido sollevamento e il mare vi è tutto diviso in seni e bacini. Uno di questi occupa la Turenna, e vi depone i *faluns*, cioè certe sabbie, che son tutte un tritume di conchiglie, di cui si raccolgono quasi 300 specie diverse, tra le quali moltissime ancora viventi. Segue il bacino di Bor-

Digitized by Google

deaux, poi quello dell'Adour, il quale è un vero ossario con 48 specie di mammiferi e 13 d' uccelli. Nel distretto del Rodano, nel Delfinato e nella Provenza abbiamo depositi lacustri, che vantano fin 2000 metri di spessore. La Svizzera è un gran seno di mare disteso tra il Giura e le Alpi in via di rapido sollevamento. Ma le *molasse*, deposito arenaceo ricche di una miscela di conchiglie d'acque salate, salmastre e dolci, dicono che quel seno di mare va convertendosi in laguna, a cui succedono i laghi, indicati più tardi dai depositi pliocenici di Oeningen ricchi di centinaia di specie d'insetti, di pesci, serpenti, tartarughe, coccodrilli, rane e salamandre, tra le quali spicca per la sua enorme grossezza e la sua celebrità quella che venne ritenuta come uomo fossile (Figura 395). Intanto dalle Alpi e dal Giura scendono i torrenti, che riempiono il bacino con masse enormi di conglomerato ciottoloso. Sui versanti italiani delle Alpi altri torrenti vanno respingendo coi loro conglomerati i due mari, già divisi da un Apennino rudimentale. Anche le spiaggie italiane pertanto si dividono in bacini, che si vanno trasformando colle stesse vicende, per cui segue il passaggio graduale dal mare alla terra asciutta. A nord delle Alpi e dei Carpazi il mare si dilata ancora, formando un vasto oceano che ricopre le grandi pianure di Germania, d' Ungheria Boemia, e via via fino al mar Nero, quindi alle vaste depressioni aralo-caspiane fino alle falde dei grandi rilievi dell'Asia centrale. L'occhio del geologo assiste realmente a quanto di più grandioso può presentarsi alla fantasia da questo spettacolo di trasformazione degli antichi mari nelle terre attuali. La serie dei terreni miocenici mostra come da principio quell'oceano si stendesse con una certa uniformità su tutta quell'immensa depressione dell'Europa e dell'Asia. Ma i fondi sollevandosi, il mare stesso si divide in vasti bacini dei quali possiamo formarci un'idea osservandone i pochi superstiti, quali sarebbero il Baltico, il mar Nero, il mar d'Azof, il Caspio e l'Aral, allora formanti un solo mare. Cominciarono quindi a distinguersi un *bacino di Baviera*, che subì ad un dipresso le vicende di quello della Svizzera; un *bacino di Vienna*, colle sue argille, ricche di oltre a 1500 specie marine, e co' suoi calcari prima corallini, poi d'acqua dolce; un *bacino di Boemia*, soggetto a mille vicende pei vulcani che gli ardevano nel seno; un *bacino di Magonza*, dove si può seguire passo passo la trasformazione de mare, abitato da ricchissima fauna marina in lagune d' acque salmastre, poi di questi in laghi d' acqua dolce, e finalmente in pianure sabbiose, dove si raccolgono gli avanzi del famoso Dinothrium (Fig. 396). V' hanno poi altri bacini, come quelli del basso Reno, della Turingia Sassone, della Slesia, della Galizia, della Transilvania che fanno passaggio a quelli del Ponto, del Caspio, della Caria, dell' Eufrate e dell'Armenia fino al golfo Persico. Insomma prendasi una Carta dell'Europa, anzi di tutto l'antico continente; s'immagini che il mare, in seguito ad un abbassamento, si avanzi ad occupare il fondo di tutte le grandi valli, di tutti i grandi bacini solcati dai fiumi,

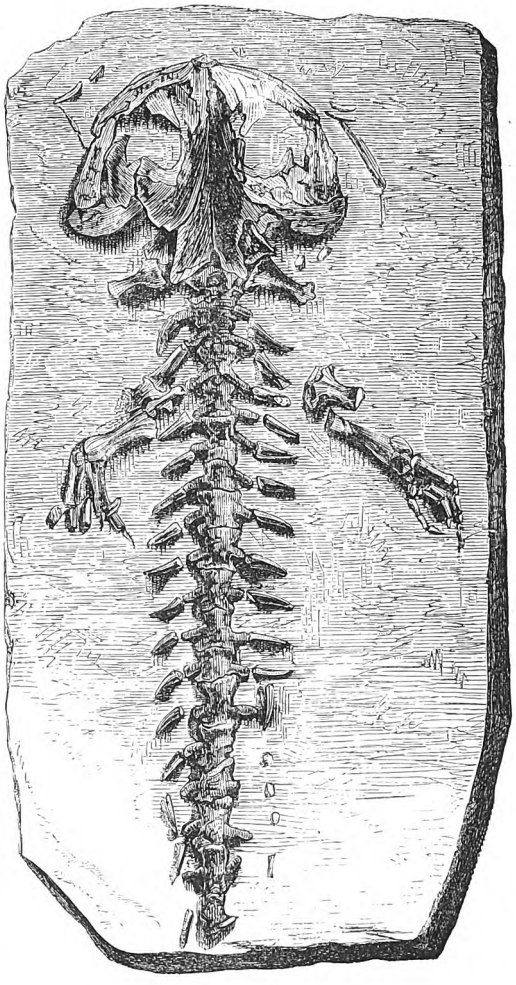


Fig. 395 — *Andrias Scheuchzeri* — o gran salamandra di Oeningera (Pliocene).

Digitized by Google

di tutte le depressioni insomma al disotto di 500 o 600 metri d'altezza dal livello del mare, e avrassi un'idea, complessivamente abbastanza esatta, di ciò che si presentava nell'epoca miocenica. Ben inteso che un'analoga trasformazione succedeva nelle altre regioni del globo, con quelle modalità che non si potrebbero nemmeno accennare, senza andar troppo per le lunghe.

38. È naturale che le terre nascenti durante l'èra terziaria s'andassero mano mano ricoprendo di piante, talchè formassero quasi una rete di grandi foreste, tramezzate da golfi e mari, dove i torrenti straripanti dovevano trascinare i tronchi sradicati. È anche naturale il pensare che, di mezzo alle continue oscillazioni a cui erano in preda le terre in via di sollevamento, di tratto in tratto vaste maremme e regioni selvose venissero invase dalle acque. Nulla di più naturale adunque che i terreni miocenici ci rinnovino in oggi davanti gli occhi gli spettacoli dell'epoca carbonifera. Enormi letti di lignite, corrispondenti in tutto e per tutto, salvo la densità delle specie vegetali e un minor grado di trasformazione, agli antichi letti di carbon fossile, vi si mostrano dovunque nelle accennate regioni, ma principalmente entro i descritti domini dell'antico mare germanico. Ma il fatto più significante in proposito è quello delle

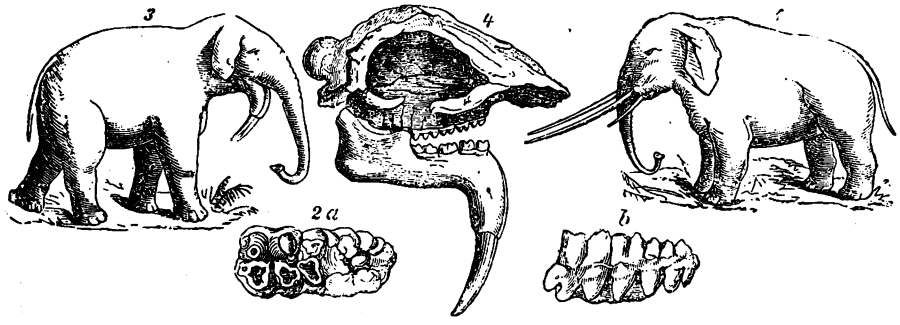


Fig. 396. — Mammiferi pliocenici.

1 Mastodon longirostris ristorato. — 2. *a. b.* molari dello stesso. — 3. Dinoterium giganteum *ristorato idealmente.* — 4. *Testa del* Dinot giganteum.

cosidette *montagne di legno*, cioè degli sterminati ammassi di ligniti, o piuttosto di legname fossile, che si scoprono nelle terre più avanzate verso il polo artico. Diverse località della Groenlandia, l'isola degli Orsi, lo Spitzberg, la Siberia del nord, la Terra di Bank, il Canadà settentrionale, la penisola Aliasca, insomma tutte le terre artiche dei tre continenti sono quasi altrettanti legnai, dove si conservano immagazzinate le spoglie di una flora miocenica portentosamente ricca. Le stesse piante che ombreggiavano le regioni temperate d'Europa, davano un aspetto quasi tropicale a quelle ora sepolte sotto gli eterni ghiacci. Erano cipressi, platani, salici, betule, olmi, magnolie, aceri, tigli, noci, pomi, mandorli, eriche, viti, insomma tutti i generi di piante che formano ora il lusso delle regioni più temperate. Tra quelle piante mioceniche spiccavano per la loro mole i pini ambriferi, che arricchirono di ambre peregrine tanto le sabbie della Sicilia quanto le rive del Baltico, e che non mancano di presentarsi nelle ligniti anche disotto agli artici ghiacci.

39. Sulla fine del periodo miocenico, che fu un'epoca di grandi convulsioni e di continuo sollevamento, i nostri continenti esistono. Non hanno raggiunto ancora tutta la loro altezza, nè sviluppate appieno tutte le loro membra. Mancano specialmente di quei grandiosi finimenti che sono le vaste pianure, che noi vediamo in oggi solcate dai grandi fiumi, stendersi tra il massiccio dei grandi rilievi continentali e il mare. Ma i continenti esistono; esistono nella loro massima mole. L'epoca pliocenica che segue può considerarsi come una semplice appendice della precedente. Essa è rappresentata da scarsi lembi di terreno marino che si depone giro giro ai continenti sollevati, formando dei fondi litorali, destinati in parte ad emergere per ulteriori sollevamenti delle masse continentali. Il massimo dei lembi suddetti è quello composto principalmente d'argille, poi anche di sabbie e di conglomerati ghiaiosi e ciottolosi, che cinge, direbbesi, d'una cornice di basse colline l'Apennino nostro, costituendo vaste porzioni litorali verso l'uno e l'altro mare. Perciò il

Digitized by Google

terreno pliocenico chiamasi anche *Subapennino*. Quelle argille azzurre però si insinuano anche fino al piede delle Alpi, formando il sottosuolo della pianura degli altipiani e dei colli di più recente formazione, che riempiono la gran vallata del Po, dalle foci del fiume, fino ai colli di Torino, costituiti da formazioni mioceniche. Oltre una serie innumerevole di conchiglie e di testacei marini, appartenenti forse per la massima parte a specie viventi, quelle argille conservano nel loro seno i grandi prototipi della fauna pliocenica, tra cui i più meritevoli di menzione sono la balena, chiamata Balenoptera Cuvier, alcuni delfini, e il rinoceronte leptorino. Aggiungi al terreno marino parecchi lembi di formazioni terrestri,

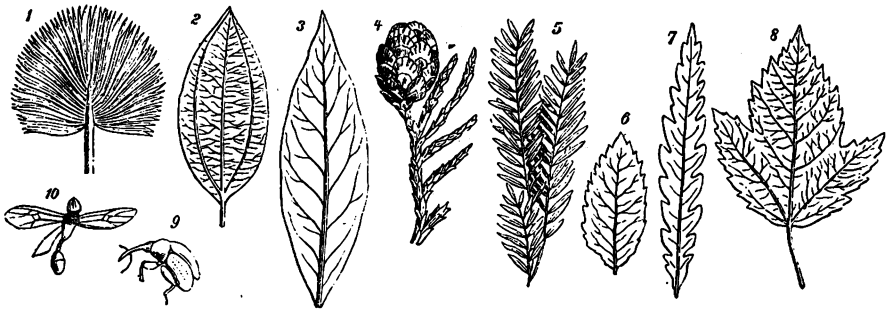


Fig. 397. — Piante e insetti miocenici.

1. Sabal major. 2. Cinnamomum. — 3. Laurus princeps. — 4. Glystostrobus (*Cipresso*) — 5. Taxodium dubium. — 6. Planera (*Olmo*). — 7. Myrica. — 8. Acer trilobatum. — 9. Rhynchites Dionysius (*Coleottero*). — 10. Myrmica tertiaria (*Formica*).

che, sotto forma d'alluvioni, rappresentano i delta torrenziali dei fiumi che discendevano dalle Alpi nel golfo Padano. Sono scarsissimi del resto i lembi marini che si scoprono altrove che in Italia. In Europa del pari che in America l'epoca pliocenica vuolsi rappresentata piuttosto da alluvioni o da terreni lacustri, molti dei quali vanno riferiti probabilmente all'epoca seguente.

Èra neozoica o glaciale.

40. Per dare un'idea della geografia che si sarebbe potuto descrivere alla fine dell'èra cenozoica, e dei mutamenti ch'ebbe a subire la superficie del globo durante l'èra neozoica, sulla fine della quale la geografia, per ciò che riguarda la forma e la distribuzione dei mari e delle terre, riuscirebbe poco difforme da quella che si può scrivere attualmente, mi pare opportuno di fermarci all' Italia, lasciando che l'accorto lettore, provisto,a mio credere, di sufficienti elementi da ciò che stiamo per dire, si formi da sè stesso un concetto abbastanza adeguato di ciò che avvenne in tutte le regioni del globo.

Facciamo l'ipotesi che l'Adriatico si alzi da 300 a 400 metri sopra il livello attuale, ovvero che la cerchia interna, disegnata dalle Alpi e dall'Apennino, oggi occupata da pianure e da basse colline, si abbassi altrettanto, riducendosi a quella altezza a cui si trovava ancora approssimativamente sulla fine dell'epoca miocenica. L'Adriatico naturalmente allagherebbe le pianure, supererebbe gli altipiani ai confini di esse, sommergerebbe le stesse colline ai piedi dell'Apennino e delle Alpi, e guadagnando gli sbocchi delle grandi vallate alpine, vi si insinuerebbe, formandone altrettanti *fjords*, ossia bracci profondi di mare. Che fosse così, non per ipotesi, ma per realtà al principio dell'èra neozoica, lo mostrano ad evidenza le argille plioceniche marine, che si trovano appunto all'altezza di 300 a 400 metri, ed anche più sull'attuale livello dell'Adriatico che le ha anticamente deposte, e ricoprono dovunque le falde dell'Apennino e delle Alpi nell'Emilia, in Piemonte e in Lombardia, e accennano a insinuarsi principalmente nelle grandi valli ora occupate dai laghi lombardi. Sul fondo di quest'antico golfo Adriatico, stracarico di testacei marini, e dove scherzavano balene e delfini, si depongono adunque le argille plioceniche, o più presso ai monti le sabbie e le ghiaie condottevi dai torrenti dell'Apennino e delle Alpi. Ma intanto un agente tellurico, forse nuovo pel nostro pianeta, permettendolo il sufficente raffreddamento del clima, si prepara a prendere parte al grande lavoro, iniziato fin dal principio dell'èra protozoica. A lui spetta il finimento delle masse continentali. Questo agente, ch'io dissi nuovo,

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

è il ghiaccio. Le Alpi si coprono di nevi: potentemente nudriti dalle vette nevose, discendono i ghiacci. Sono ghiacciai enormi, che si levano all'altezza di 1000 metri sul fondo delle valli alpine. Scendendo, scendendo con foga irresistibile, arrivano al punto dove il mare, insinuandosi nelle grandi vallate alpine, s'arresta ai piedi degli interni rilievi. I ghiacciai lo respingono e si rendono essi medesimi padroni dei *fjords*. Gli abissi di centinaja di metri sotto il livello del mare, ora occupati dai laghi, sono colmati dal ghiaccio, il quale si leva mille metri più in su, coprendo i fianchi dei monti, sormontando le creste minori. Così gonfio, il ghiacciaio continua il suo cammino verso il libero mare. Lo spettacolo è quanto si può dire fantastico; eppure era così realmente, durante l'epoca neozoica. Da ciascuna delle grandi valli alpine poteva vedersi allora sbucare un enorme ghiacciajo, e spingere ad arco l'immane sua fronte in seno al mare, precisamente sui confini settentrionali della grande pianura, dove sorgono ora, sopra vasta cerchia, gli altipiani e le basse colline colle quali terminano i rilievi delle delle Alpi e delle PreAlpi.

41. Non siamo no costretti ad uscire dai confini dell'orbe terracqueo per assistere in oggi ad uno spettacolo affatto somigliante. Le rive della Groenlandia, e tutti i lidi delle terre polari presentano ancora in oggi un aspetto identico a quello che presentavano le Alpi e, diciamo pure, più o meno i litorali d'Europa e di tutte le regioni del globo nelle zone temperate. Il vecchio Adriatico dell'èra neozoica si presentava come si presentano in oggi la baja di Baffin e i diversi grandi bracci di mare, che si spingono entro il labirinto delle terre polari. Gli antichi ghiacciai alpini scendevano giù carichi di quell'enorme sfasciume che i geli staccavano dalle Alpi. E, recatoselo sulle immani fronti, lo abbandonavano al mare insieme alla torbida delle acque fluenti per disotto al ghiaccio. Così il fondo del mare stesso veniva levandosi con rapida sovrapposizione di sabbie e di fanghi, ricercati dalle conchiglie marine, come le sabbie e i fanghi che vanno attualmente colmando le baie e i *fjords* delle terre polari. Ma sulla fronte stessa di quegli antichi ghiacciai, il detrito deposto in copia stragrande, formava dei cumuli a semicerchio di massi di ciottoli e di detriti d'ogni specie; formava cioè delle morene e anfiteatri morenici sottomarini, i cui elementi potevano ancora servir d'abitazione ai testacei marini, e venir traforati dai litofagi. Ma quegli anfiteatri morenici venivano ogni giorno più levandosi dal fondo del mare, finchè, emergendo, formavano un lido al piede dei rispettivi ghiacciai. Quel lido era ancora battuto dalle onde, e la tempesta mesceva coi ciottoli e col detrito glaciale le conchiglie, e il detrito di testacei buttato dall'onde sul lido. Ma i ghiacciai, fermi al loro posto, accumulano detrito sopra detrito; le morene, levandosi sempre più, si sottraggono all'ira del mare e prendono il vero aspetto di morene terrestri. Dopo un giro di secoli suona l'ora della ritirata per gli antichi ghiacciai, che abbandonano le morene, vuotano a poco a poco le valli, e si ritirano piccoli e dimessi entro quei profondi recessi alpini, dove andiamo oggi a trovarli, scavalcando i monti e le valli ancora seminati e coperti dell'antica loro rapina. I profondi abissi che servivano di letto ai ghiacciai, chiusi a nord dalle montagne, a sud dalle morene formanti altrettante barriere, dànno ricetto alle acque dei torrenti, che formano i laghi, e riescono a mala pena a scavarsi in seno alle morene un emissario per giungere al mare, continuando a riempiere il golfo colle loro alluvioni, sicchè questo si trasforma in pianura. Intanto però un ulteriore sollevamento dell' Apennino e delle Alpi ha portato sopra il livello del mare tutto quel sistema d'argille plioceniche, di sabbia, di fanghi e di morene sottomarine. Le correnti incidono e rodono tutti quei depositi, creando quel sistema di valli, d'altipiani e di morene terrazzate che si ammira in oggi tra le Alpi e la lombarda pianura.

Tutta questa istoria, che è istoria davvero, si legge appunto in quella massa di terreni che riempie, tra l'una e l'altra catena, la valle del Po, fino al piede dei primi rilievi rocciosi, che ricordano colle loro spoglie organiche e col loro sollevamento l'epoca miocenica, e via via tutta la serie delle epoche geologiche. Noi vediamo ancora ai piedi delle Alpi e delle Prealpi quelle argille azzurre e quelle sabbie che si deposero nel periodo pliocenico. In quelle argille stesse si radicano le morene, formate di ciottoli striati, di massi, e di tutto un tritume glaciale, ma sparse d'una quantità innumerevole di testacei marini. Da quelle morene si staccano orizzontalmente gli altipiani fangosi, sparsi anch' essi di conchiglie marine, che rappresentano il fondo vario dell'antico golfo, che si veniva colmando durante l'epoca glaciale. Lontano dagli sbocchi alpini, cioè verso l' Apennino, il litorale, libero dai ghiacci, si componeva invece di qre-

Digitized by Google

gli enormi strati di sabbie gialle, che coronano in oggi la infinita serie delle colline subapennine, composte alla base d'argilla pliocenica. Le morene terrestri finalmente, sorgenti sulla base marina, sono quegli enormi anfiteatri allo sbocco di ciascuna alpina valle, di cui abbiamo già dato un'idea nel Capitolo *Nevi e ghiacci*.

42. Per formarci un concetto, come dicevamo, di ciò che avvenne nell'epoca glaciale, ci basti, allargando il quadro dei fenomeni descritti a tutta la superficie del globo, di vedere dovunque, dove lo consentiva la rigidezza del clima, coprirsi di neve i monti, e discendere verso il mare i ghiacciai; quindi nascere dovunque a finimento dei continenti, colli morenici, altipiani e pianure. Non bisogna immaginarci che, come si legge in molti libri, ci sia stata un'epoca in cui tutta la terra si coperse di ghiaccio. Nulla di più falso. Bisogna dire invece che tutti i ghiacciai, quali li vediamo in oggi, subirono uno sviluppo straordinario, sorpassando di molto i loro attuali confini. È tanto vero il dire, per esempio, che l'Europa fu coperta di ghiaccio, come sarebbe vero l'affermare che i ghiacciai alpini invasero tutta l'Italia, mentre di fatto si arrestarono ai confini settentrionali della pianura padana. Si pensino sviluppati nelle stesse proporzioni, tenendo conto dello sviluppo relativo maggiore che dovettero avere i ghiacci nelle latitudini più avanzate verso i poli che non sia quella dell'Italia verso il polo artico; e avrassi un'idea dell'aspetto che presentavano i nostri continenti nell'epoca glaciale. I ghiacciai delle terre polari dovettero naturalmente invadere la baja di Baffin, e fino ad un certo punto le porzioni settentrionali dell'Atlantico e del Pacifico. I ghiacciai della Scandinavia, della Scozia, dell'America settentrionale come quelli delle Terre Magellaniche, della Nuova Zelanda, ecc. dovettero naturalmente raggiungere il mare e ricoprire in tutto o in gran parte le rispettive terre. I confini del mare glaciale de'l'uno e dell'altro emisfero dovettero naturalmente spingersi più verso l'equatore alcune centinaia di miglia. Ma basta così. Sugli stessi confini dei ghiacciai continuarono le terre a coprirsi di vegetazione, e ad essere popolate da una moltitudine d'animali d'ogni genere, costituenti una fauna maravigliosamente copiosa e ricca di specie. Anzi, per quanto in faccia a quell'enorme sviluppo di ghiacci ci possa ripugnare d'ammetterlo, il clima dell'epoca glaciale fu indubbiamente più mite, più uniforme che l'attuale non sia; sicchè più ricche e più rigogliose furono le flore e le faune in quelle stesse regioni temperate o fredde che ci si presentano in oggi sì povere, anzi quasi deserte d'animali e di piante. Bastano gli enormi letti di lignite torbosa, e le spoglie d'una ricca flora, conservate entro gli strati d'epoca glaciale non solo nella media Italia, ma anche ai piedi dell'Alpi sull'uno e sull'altro versante, per persuaderci della potenza della vegetazione in quei tempi in cui la regione alpina doveva presentare a un dipresso l'aspetto della Groenlandia. Le spoglie dei grandi animali, che si trovano in terreni d'epoca glaciale, per esempio a Leffe, in seno alle Prealpi lombarde o a Utznach nel Cantone di St. Gallo, bastano a darci un'idea della ricchezza della fauna glaciale. Badiamo bene a questo che i grandi prototipi della fauna alpina glaciale ci darebbero l'idea di una fauna destinata a popolare piuttosto i deserti dell'Africa, che le fredde pianure della Siberia. Basti citare l'elefante (*Elephas meridionalis*), la più grossa specie del suo genere, anzi il più grosso mammifero terrestre che abbia mai esistito, e il rinoceronte (*Rhinoceros leptorhinus*), che vivevano allora numerosi in tutta l'Italia, e lasciarono le loro spoglie al piede del ghiacciaio della valle Seriana, appunto nei depositi di quel lago dove del pari s'accumularono le spoglie delle annose foreste che crescevano sulle sponde del bacino di Leffe. Lo stesso elefante e lo stesso rinoceronte trovansi pure nelle sabbie gialle dell'Apennino, ascritte generalmente al pliocene, mentre appartengono indubbiamente al terreno glaciale. Le tracce di questi due colossi dell'animalizzazione neozoica ci portano a riconoscere un lembo enorme delle formazioni glaciali, davanti al quale l'ideale della potenza vitale in quell'epoca di morte apparente grandeggia talmente, che noi potremmo crederci trasportati d'un tratto idealmente tra le tropicali foreste, o sulle sponde di quei laghi africani, dove pascolano mandre di centinaia d'elefanti, o sfilano eserciti di migliaja e di migliaja d'antilopi, di gazzelle e di lupi. Parlo della gran valle dell'Arno in Toscana, ch'era in allora, nella parte inferiore sotto Firenze, un gran seno di mare, nella parte superiore un gran lago, o piuttosto un gruppo di laghi. Negli enormi depositi o argillosi, o sabbiosi, o ciottolosi che colmarono così quei laghi come quell'antichissimo golfo, si raccolgono tanto copiose le spoglie dei mammiferi allora viventi, che la val d'Arno può dirsi veramente un cimitero glaciale. In

Digitized by Google

questo vastissimo ossario giaciono misti alla ventura più specie di elefanti e di rinoceronti; più specie di tigri; poi colossali ippopotami, grossi cavalli, iene, orsi, lupi, cignali, molte specie di cervi, castori, tapiri, antilopi, e finalmente, con altri generi d'animali, le scimmie.

43. Sarebbe troppo lungo spiegare tanto sviluppo di ghiacci sulla superficie del globo con tanta mitezza di clima, quale è affermata da una ricchezza ovunque così straordinaria di piante e di animali, i quali, tutti d'accordo, i terrestri coi marini ci dicono che ai piedi delle Alpi regnava un clima almeno così dolce come nelle più felici regioni del Mediterraneo. Ma per rendere accettabile questo, direbbesi, paradosso geologico, bastino alcuni riflessi:

1.° I fattori della fenomenologia glaciale e precisamente della formazione e dello sviluppo dei ghiacci sono due: il primo rappresenta la materia necessaria, ed è l'acqua, o, per meglio dire, il vapore acqueo, che impregna l'atmosfera, destinato a convertirsi in neve, che genera i ghiacciai. Il secondo da considerarsi come semplice condizione del passaggio dell'acqua, dallo stato di vapore allo stato liquido e dallo stato liquido al solido, cioè la fredda temperatura. Però:

2.° Perchè il vapore acqueo si trasformi in solido, non è necessaria una temperatura di 10 a 15 gradi sotto zero, qual'è quella che si verifica sulle Alpi d'inverno, o di 30 a 50 gradi sotto zero, qual'è quella che si raggiunge nelle regioni polari. Noi sappiamo invece che basta qualche grado sotto zero, perchè i vapori atmosferici si concentrino e cadano sotto forma di neve.

Supponiamo ora che, durante l'epoca glaciale una parte maggiore della superficie terrestre fosse ricoperta dalle acque. Maggiore sarebbe senza dubbio la quantità di vapori portati in giro dalla circolazione atmosferica. Ora questa quantità maggiore di vapori non avrebbe bisogno di temperature estreme per consolidarsi, e dar quindi un maggiore prodotto di nevi e di ghiacci. L'ultima conseguenza nell'ipotesi sarebbe questa che, ad onta d'un clima più mite che non sia in oggi quello delle zone temperate o fredde, maggiore sarebbe la quantità delle nevi che coprirebbero le montagne, e maggiore perciò lo sviluppo dei ghiacciai.

Portandoci all'epoca glaciale, l'ipotesi diventa un fatto. Il Sahara, ancora coperto dal mare, le vaste pianure dell'America tropicale, non ancora, almeno per gran parte, formate, e tutte le pianure, ossia i grandi delta dei fiumi, non ancora esistenti, e quindi le loro aree rispettive anch'esse ricoperte dalle acque, formavano un insieme di caldaje, un'enorme estensione di superficie evaporante, da cui levavansi quelle masse enormi di vapori, che, tratti in giro al globo dalla circolante atmosfera, potevano, anzi dovevano ricoprire di una quantità di neve, molto maggiore dell'attuale, tutti i rilievi dell'uno e dell'altro emisfero, da cui scendevano i ghiacciai fino in seno alle terre fiorenti e ai tepidi mari.

La creazione delle grandi pianure è opera infatti in gran parte del secondo periodo dell'epoca glaciale, chiamato *periodo dei terrazzi*, in cui i grandi fiumi, versati dagli stessi enormi ghiacciai, collo stesso detrito glaciale colmando laghi e mari, fabbricarono le pianure, mentre il sollevamento metteva all'asciutto il Sahara, ed altre porzioni di terre ancora sommerse. Col formarsi di queste nuovissime terre, ultimo finimento dei rilievi continentali, una immensa distesa di superficie evaporante venne a mancare. L'impoverita atmosfera non potè più come prima esser larga di tributi alle cime nevose. I ghiacciai impoveriti e smunti, perdettero mano mano terreno, e furono costretti a ritirarsi entro i loro attuali confini.

Eppure con questo rapido attuarsi del mondo quale si presenta oggi al nostro sguardo, ancora non è chiusa la lunga serie delle rivoluzioni telluriche, così nei regni della materia e delle forze brute, come in quelli dell'organismo e della vita. Tutto, col periodo dei terrazzi, tutto annuncia, ad onta dei diminuiti ghiacciai, un progressivo raffreddamento del clima nelle regioni temperate o fredde. Mentre i vegetali e gli animali inferiori dell'epoca glaciale, specialmente testacei marini, durano ancora per la massima parte; mentre una parte delle specie allora viventi vanno ad ingrossare il numero infinito delle specie perdute, ed altre nuove compariscono ad occuparne il vuoto lasciato: gli animali superiori, a partire dal principio della stessa epoca glaciale, erano destinati a darsi il cambio almeno tre volte. Tutti quei mammiferi (tutt'al più con qualche non dimostrata eccezione), di cui raccogliamo le spoglie nel grande ossario della val d'Arno, sono specie perdute. Lo erano prima che si operasse quel lavoro d'erosione, da cui prende il nome il *periodo dei terrazzi*.

44. Alla fauna valdarnense va aggiunta quella delle caverne ossifere, colle sue tigri, le sue iene, i suoi orsi, ecc., che abitavano le mon-

Digitized by Google

tagne, e avevan dimora nei loro spechi appunto nell'epoca glaciale. Nel periodo del regresso dei ghiacciai è un'altra fauna quella che si spande per l'Europa. Essa si compone d'altri mammiferi, adatti a sopportare una maggior rigidezza di clima. Lo dice, almeno negativamente, la sparizione della fauna dell'epoca glaciale, la quale presenta indubbiamente nel complesso delle specie valdarnensi un aspetto che direbbesi tropicale. I depositi della vicina val di Chiana, uno dei bacini lacustri più recentemente prosciugati, e quindi riempiti di terreni più recenti di quelli della valle dell'Arno, sono un altro ossario, che ci conserva appunto le reliquie d'una fauna intermedia tra la fauna valdarnense e la fauna attuale. Quella fauna adunque è quella del periodo dei terrazzi. Vi sono ancora tra i mammiferi elefanti, rinoceronti, cervi, buoi, cavalli, ecc. Ma l'elefante caratteristico della val di Chiana, dissotterrato dagli strati superiori dell' altipiano d' Arezzo, è l' *Elephas primigenius:* il celeberrimo *mammouth*, trovato ancora in carne, colla sua pelle, colla sua lunga giubba, entro il terreno ghiacciato che forma il soprasuolo alle foci della Lena; il mammouth, le cui zanne d'intatto avorio furono e sono dissepolte a migliaja dagli strati più superficiali delle pianure che circondano il polo; quello stesso mammouth, le cui ossa sono disseminate in tutti i terreni più superficiali d'Europa, e fin nei dintorni di Roma. Esso ha seco quasi tutti i tipi dei grandi ungolati, che lo accompagnarono nel nord dell'Europa prima della sua estinzione. Alcuni di essi non si spensero che più tardi; alcuni vivono ancora. Tra i mammiferi d'Arezzo troviamo il cervo dalle corna gigantesche, le cui ossa si raccolgono così abbondanti nelle torbiere d' Irlanda, e non sono rare nelle alluvioni in tutta l'Europa del nord; e il bue primigenio, che viveva ancora ai tempi romani; il bisonte, il lupo, il cervo comune e il castoro, che vivono ancora.

Si disputa ancora se l'uomo preistorico sia arrivato in tempo per veder vivo il mammouth, con altre specie estinte con esso. Io lo credo improbabile; certamente non è dimostrato. È certo intanto che le prime indiscutibili reliquie dell'uomo, o piuttosto dell'umana industria, non compariscono che quando la fabbrica delle pianure alluvionali è molto avanzata, e quasi compìto il loro terrazzamento, che caratterizza appunto il periodo dei terrazzi. Reliquie umane non si trovano che alla superficie, o in terreni affatto superficiali, e pel geologo recentissimi. Dopo tanti sforzi per accrescere la cifra che esprime storicamente l'antichità dell'uomo, messe da parte tante illusioni, tante conclusioni affrettate, e tanti inganni orditi, l'uomo è pur sempre la creatura nuovissima, e la fauna dei terrazzi, con cui si chiude, per dir così, la serie dei mondi passati, non è ancora la fauna attuale che visse e vive coll'uomo.

Êra antropozoica.

45. Gli scarsi lembi di terreni d'ogni specie, che continuano a formarsi sotto i nostri occhi, quegli altri abbastanza vasti di cui può narrarci la storia, e quelli più antichi, da cui si raccolgono, colle reliquie della fauna vivente, quelle dell'uomo preistorico, non hanno certamente la pretesa di rappresentare tutta un'èra nuova. Rappresentano però certamente il principio d'un èra nuovissima, che si dice meritamente *antropozoica*, ossia umana, perchè sulle forze brute della natura, sugli stessi istinti degli animali, che dominavano sovrani nelle epoche trascorse, regna ed impera l'energia consapevole dell' intelligenza dell'uomo, il quale, colla scintilla divina che gli splende all'intelletto e ne muove la volontà, più che il principio d'una nuova èra, può dirsi il principio d'una nuova creazione.

Cronologia dei terreni eruttivi.

46. Sembrerà che sia stata puramente storica la rassegna dei terreni stratificati, rappresentanti la serie delle epoche geologiche, e quindi quasi aliena dal nostro argomento. Sembrerà fors'anche che tutta quella parte della storia del globo, che noi possiamo narrare dietro la scorta di fatti positivi, si risolva nel darci un'idea soltanto di ciò che avvenne alla superficie del pianeta. Ma appena che uno ci rifletta, s'accorge tosto che noi abbiam fatto precisamente la storia della formazione della crosta del globo, quale questa ci si presenta realmente in oggi; per ciò sotto l'unico punto di vista che può interessare la geografia. Di che è infatti composta la crosta terrestre, se non di quei terreni sovrapposti gli uni agli altri, formatisi per tanta parte in seno agli antichi mari? Dalla superficie della terra spingendoci fino alle massime profondità a cui hanno potuto spingersi la sonda e la mina, noi troviamo sempre di questi strati, i quali quasi non accusano altro che l'azione sedimentare dei mari, e quella parte grandissima che hanno preso

Digitized by Google

alla costituzione della crosta terrestre gli organismi vegetali od animali. In quest'ultimo senso la crosta del pianeta non potrebbe definirsi altrimenti che come una gran tomba, dove giaciono sepolte le infinite generazioni degli abitatori del globo, da esse medesime, colle loro spoglie, in gran parte costrutta. Non dimentichiamo però che la rassegna fatta fin quì non comprende che i terreni sedimentari. Mettendo in questa classe dei terreni sedimentari anche le *formazioni cristalloidi*, le quali compongono realmente la serie protozoica, e in parte anche terreni d'epoche più recenti, ci restano ancora le *formazioni cristalline*, delle quali non abbiamo ancora detto nulla, salvo l'averne dimostrata brevemente l'origine vulcanica. Anche queste naturalmente sono parte integrante della crosta terrestre; e qual parte! .... Quand'io ripenso a quei monti, a quei gruppi e a quelle catene di monti formate di graniti, di dioriti, di porfidi antichissimi, e vengo mano mano, su su, numerando i serpentini, le coleriti, le trachiti, le anfigeniti, i basalti, tutte infine le lave antiche e moderne, fino a quelle che si dilagano in enormi correnti oggigiorno, riversandosi da mille coni, cioè da altrettante montagne da quelle lave stesso edificate; quand'io ripenso insomma al numero infinito ed alla mole enorme di tante masse eruttive, sono costretto a domandare a me stesso se la crosta del globo è composta più di sedimenti che di lave. La risposta non rimane dubbia in favore di queste, quando considero che le stesse rocce sedimentari sono per la massima parte composte di frantumi vulcanici. Sono tali per me, e per qualunque geologo, quei ciottoli cristallini, quei grani di quarzo e di mica, quelle argille derivate dalla decomposizione dei feldspati, di cui sono fabbricati monti e catene di monti di tanta mole, da superare di 2 a 3 volte le grandi moli calcaree. Per formarmi poi un concetto dell'importanza relativa tanto delle formazioni cristalline, ossia non stratificate e non fossilifere, quanto delle formazioni sedimentari stratificate e fossilifere, dimando a me stesso che cosa rappresentano le une o le altre nel grande sistema dell'economia tellurica, ordinato alla continua rinnovazione, cioè alla conservazione del globo? Le rocce eruttive, con tutti i secondari prodotti che escono continuamente dalle viscere del globo, rappresentano l'incessante antagonismo tra le forze interne e le esterne. Viceversa le rocce sedimentari. Su questo perpetuo antagonismo tra le forze interne ed esterne si regge appunto l'equilibrio del globo. La *dinamica terrestre* c'insegna che quaggiù è un continuo fare e rifare; o piuttosto un continuo demolire e distruggere per rifabbricare e rinnovare; è insomma un sistema di continua manutenzione, per cui il nuovo si sostituisce continuamente al vecchio. In questo sistema di manutenzione sono impiegate, all'esterno e all'interno, tutte le forze attive o passive che agiscono sul pianeta. Perchè l'equilibrio sussista per antagonismo di forze, è necessario che le forze siano pari. Un grado minimo di prevalenza dell'uno o dell'altro sistema di forze contrarie, porterebbe la distruzione del globo, quale noi possiamo concepirla nella distruzione dell'ordine che vi regna dal principio dei secoli. L'ultima conclusione è questa che le formazioni sedimentari e le cristalline devono aver preso una parte uguale nella composizione della crosta terrestre. Supposto che le formazioni sedimentari ci narrino una metà della storia del globo, almeno dal primo momento della sua animalizzazione, le cristalline dovrebbero narrarci l'altra metà: quelle la metà relativa alle vicende esterne o superficiali; queste l'altra metà, relativa alle vicende interne. Se la storia delle interne vicende ci rimane pressochè ignota, mentre già così ricca di particolari è la storia delle vicende superficiali, questo dipende dalle difficoltà immense che le rocce eruttive opposero finora alle indagini della scienza. Quello che possiam dire l'esporremo brevemente.

47. Prima di tutto è certo che il vulcanismo è attivo sin da quell'epoca antichissima che segna il punto di partenza della geologia positiva. Non solo il vulcanismo, considerato in astratto, con tutte le sue infinite manifestazioni, ma i veri vulcani presero parte fin da principio alle grandi rivoluzioni del globo ed alla composizione della crosta terrestre. Noi possiamo infatti stabilire una cronologia delle formazioni vulcaniche, come abbiamo stabilito quella delle formazioni stratigrafiche. Il poter riuscire e l'essere in parte già riusciti a stabilire questa cronologia delle formazioni vulcaniche, si deve ancora alla stratigrafia, cioè principalmente ai rapporti stratigrafici che hanno le rocce eruttive colle sedimentari. Le rocce eruttive difatti, quando non si parli di quelle riversate dai vulcani moderni, e ancora giacenti alla superficie del suolo, sono impigliate entro la crosta del globo, formando, direbbesi, un solo impasto colle formazioni sedimentari. Osservando più attenta-

Digitized by Google

mente, si vede che le rocce cristalline si presentano sotto due forme, ambedue in rapporto diretto alle rocce stratificate. O sono grandi espandimenti stratiformi, interstratificati tra i terreni sedimentari, ossia racchiusi tra una massa di strati inferiori ed una superiore; o sono *dicchi*, ossia grandi vene che attraversano, incrociano sotto diversi angoli gli strati sedimentari, tra i quali evidentemente si sono aperti la via in seguito ad una spaccatura di questi. Basta questa semplice osservazione per dedurre con piena certezza questo corollario importantissimo: che la cronologia delle formazioni sedimentari può applicarsi direttamente a stabilire la cronologia delle eruttive. Difatti, chi appena rifletta, può giungere tosto a stabilire, sul duplice rapporto in cui si presentano le rocce eruttive colle sedimentari, i due assiomi seguenti.

Primo assioma per le rocce eruttive interstratificate. — La roccia eruttiva, che ricopre uno strato sedimentare, è più recente di questo e più antica di quello che la ricopre.

Secondo assioma pei *dicchi*, ossia per le injezioni delle rocce eruttive. — La roccia eruttiva che injetta è più recente di tutti gli strati sedimentari injettati.

48. Insomma gli strati di lava, inclusi negli strati sedimentari, o i dicchi che attraversano questi, non rappresentano altro che una serie d'eruzioni vulcaniche, avvenute durante quello stesso giro di secoli, in cui vi deposero dal primo all'ultimo gli strati componenti la crosta del globo. Oltre questi dati stratigrafici, ve ne sono altri che possono servire a stabilire l'età relativa delle rocce cristalline, sempre sulla base della cronologia delle rocce sedimentari. Tra questi dati ci sono, per esempio, il *metamorfismo di contatto*, cioè le modificazioni che hanno subito le rocce sedimentari, injettate dalle eruttive, ovvero ricoperte da esse, quando uscivano ancora incandescenti dalle viscere del globo, e i *ciottoli interclusi*, cioè i brani pur di rocce sedimentari, strappate dalle profondità terrestri, che si trovano involti nella pasta lavica. Le rocce modificate, o sbranate devono essere naturalmente più antiche delle lave che le hanno metamorfizzate o sbranate.

49. Su questi dati adunque si è già riusciti a fissare una certa *cronologia endografica*, o delle eruzioni avvenute nelle diverse epoche del globo (1). Vi sono rocce eruttive protozoiche e paleozoiche in gran numero e in masse enormi in tutte le parti d'Europa e dell'America. Nelle epoche protozoiche e paleozoiche dominano specialmente i graniti e i serpentini. Il terreno carbonifero della Scozia, per esempio, indica come quel paese fosse allora un gran distretto vulcanico. Di vulcani permiani, triasici e giuresi parlano altamente tutti i grandi rilievi delle isole Britanniche, della Germania, dei Vosgi, delle Alpi e delle Prealpi, gli Apennini, gli Euganei, più lontane le Ebridi, e tutte le grandi catene delle due Americhe. Vi sono porfidi, melafiri, doleriti, serpentini, graniti ecc. Fino al termine dell'èra mesozoica le masse eruttive si presentano quasi invariabilmente sotto la forma d'espandimenti sottomarini. Essa è quella di grandi masse interstratificate di lave compatte, per lo più senza chiari indizi di scorie, di lapilli, di sabbie e di ceneri vulcaniche, insomma di quei detriti e di quelle bollosità, le quali non posson aver luogo se non quando i vulcani erompano o nella libera atmosfera, o a piccola profondità sotto il mare. È in queste condizioni soltanto che i vapori, non impediti da forte compressione, possono distendersi, gonfiare la lava rendendola bollosa, lacerarne il fianco, ed erompere con forza sufficiente per strapparla e farla a brani, dando luogo così ai moltiformi prodotti caratteristici delle eruzioni subaeree. Questa forma, quasi invariabilmente sottomarina, delle lave antiche o antichissime si spiega come cosa naturalissima, quando si pensa che fino al termine dell'èra mesozoica il mare occupò, quasi senza interruzione, le nostre aree continentali. Non mancano però scorie e accumulamenti o strati di ceneri o di sabbie vulcaniche, testimonj di quegli intervalli, in cui le terre occuparono in parte aree dei nostri continenti, permettendo la formazione di vulcani subaerei. Regione classica sotto questo rapporto è la Scozia, dove i vulcani subaerei imperversarono durante l'epoca carbonifera. Gli strati d'arenaria, di schisto, e di carbon fossile alternano a più riprese con espandimenti di lave e letti di cenere. Vi sono foreste carbonifere sepolte sotto le ceneri vulcaniche nell'isola di Aran, e dalle argille marine carbonifere di Burntisland si raccolsero le bombe lanciate da quegli antichi vulcani. Ma verso il mezzo del periodo eocenico noi vedemmo il mare respinto gradatamente dalle nostre aree continentali, e prodursi mano mano i nostri continenti. A questa trasformazione dei mari in terre tien dietro mano mano quella dei vulcani sottomarini

(1) Per tutta questa materia vedi il mio *Corso di Geologia*, Vol. III, capitoli XV-XVIII.

Digitized by Google

in vulcani subaerei. Le masse eruttive depongono quindi mano mano la forma d'espandimenti sottomarini, per prendere quella di correnti subaeree. Le lave cioè diventano bollose e scoriacee; il pietrame, i lapilli, le sabbie e le ceneri vulcaniche si accompagnano in copia sempre maggiore alle masse di lava compatta. A poco a poco, a queste prevale il detrito; ed ecco rizzarsi i coni, e sui loro vertici aprirsi i crateri, che noi vediamo ancora sparsi a mille a mille sulla superficie del globo, o in mezzo alle onde del mare. I più sono spenti, benchè conservino ancora quasi intatta la loro forma; ma molte centinaja si numerano ancora attivi, e pronti da un giorno all'altro ad atterrirci collo spettacolo di spaventose eruzioni. Sono celebri i vulcani appena spenti della Francia centrale, ma le cui origini rimontano al periodo eocenico. In Germania, in Boemia, in Ungheria e in tutte le regioni dell'Europa settentrionale sono sparsi a cento a cento i vulcani del periodo miocenico. Vulcani terziarî si presentano in gruppi maravigliosi nella Spagna. L'Italia, a piedi delle Alpi e degli Apennini, è tutto un teatro di vulcani, è tutta una serie di masse vulcaniche e di coni craterici. Dai colli Euganei, colle loro trachiti che rimontano all'epoca della creta, dai colli Berici, e dalle montagne del Vicentino, del Veronese e del Tirolo, che ricordano i periodi eocenico e miocenico, quando l'Italia era un arcipelago d'isole vulcaniche, quale in oggi l'arcipelago della Sonda, si passa ai vulcani pliocenici e specialmente dell'epoca glaciale dell'Italia centrale, dove i grandi laghi di Bolsena, di Vico e di Bracciano occupano il vano di altrettanti enormi crateri, da cui si espansero le lave e i fanghi vulcanici che formano attualmente la campagna di Roma. Coll'intermezzo dei vulcani Laziali e Sabbatini, che continuarono le loro eruzioni fino all'epoca di Roma, siamo ben presto ai Campi Flegrei, che arsero tante volte in epoca recente, e finalmente al Vesuvio, allo Stromboli, all'Etna, alle cui eruzioni si lega tanta parte della mitologia greco-romana, e delle reminiscenze storiche, mentre tengono ancora in continua agitazione gli abitatori di quelle terre felici, ma funestate ancora a troppo brevi intervalli da lutti spaventosi. Così in tutte le regioni del globo; così tutt'all'ingiro dell'equatore, attraverso l'Atlantico, e gli oceani Indiano e Pacifico; così dai vulcani artici dell'isola Jan Mayen e dell'Islanda, fino ai vulcani antartici, l'Erebo e il Terrore della Terra Vittoria.

Se l'attività vulcanica non cessò mai di manifestarsi fin da principio, continuando colla stessa forza attraverso l'infinita serie dei tempi geologici, essa fu anche quasi letteralmente uniforme ne' suoi prodotti. È questo un secondo fatto messo in luce dalla cronologia vulcanica. Tra le lave del Vesuvio e dell'Etna, e i graniti e i porfidi protozoici e paleozoici, non c'è guari più differenza che tra le stesse lave del Vesuvio e dell'Etna, e quelle dei vulcani delle Ande o del Grande arcipelago. Sempre quei silicati cristallini, di cui abbiamo notato il piccolissimo numero.

Antagonismo tra le forze esterne ed interne.

50. Abbiamo detto come l'economia tellurica si regga principalmente sull'antagonismo tra le forze esterne e le forze interne del globo. Dalla lotta la vita. Il secreto della conservazione sta in un processo di continuo guasto e di continua riparazione, di distruzione continua e di continuo rinascimento. Questo processo si opera coll'intermezzo sempre mutabile della crosta del globo, che ne è l'espressione nella sua stessa compagine che noi abbiamo a larghi tratti descritto.

Le forze esterne si consumano nella produzione di quel doppio fenomeno che si chiama *degradazione dei continenti e conseguente sedimentazione*. Alla degradazione dei continenti cospirano specialmente gli agenti atmosferici. Alle acque è affidata la sedimentazione.

Tutto invecchia e perisce quaggiù. Anche la rupe di granito e di porfido non resiste al dente edace del tempo. L'umidità atmosferica è il degradatore principale. Tutte le rocce sotto il cielo perdono in breve la loro freschezza; si scolorano, si decompongono, e in tempo relativamente brevissimo, si polverizzano alla superficie. L'umidità esterna penetra mano mano nell'interno, e le rocce marciscono senz'altro fino a considerevoli profondità. La natura dei minerali più o meno ribelle all'azione dell'umidità, e la struttura delle rocce che le rende più o meno permeabili, sono condizioni che accelerano o ritardano la decomposizione. Anche le variazioni di temperatura, imprimendo dei moti molecolari alle masse rocciose, tendono a sgranarle. L'esposizione, il clima, tutte insomma le condizioni geografiche in cui si trova una roccia, possono essere favorevoli alla conservazione od alla dissoluzione superficiale della crosta del globo.

Digitized by Google

Ma il principale ausiliario dell'umidità in questo lavoro di demolizione è il gelo alternante col disgelo. L'acqua che filtra nelle porosità della roccia, si dilata, se gela, con una forza quasi irresistibile. La roccia si frantuma, come sotto l'azione di tante piccole mine. Se viene il disgelo, ecco che i brani slegati sono pronti a cadere. Questo lavoro, lento, in genere quasi insensibile, ma universale e continuo, ha talora delle espressioni formidabili. Lo sono le frane e gli scoscendimenti, per cui veggonsi le montagne sepolte talora fino a grande altezza nel proprio sfasciume, e talora le stesse montagne sfasciarsi, seppellendo vasti tratti di paese sotto le proprie ruine. Così

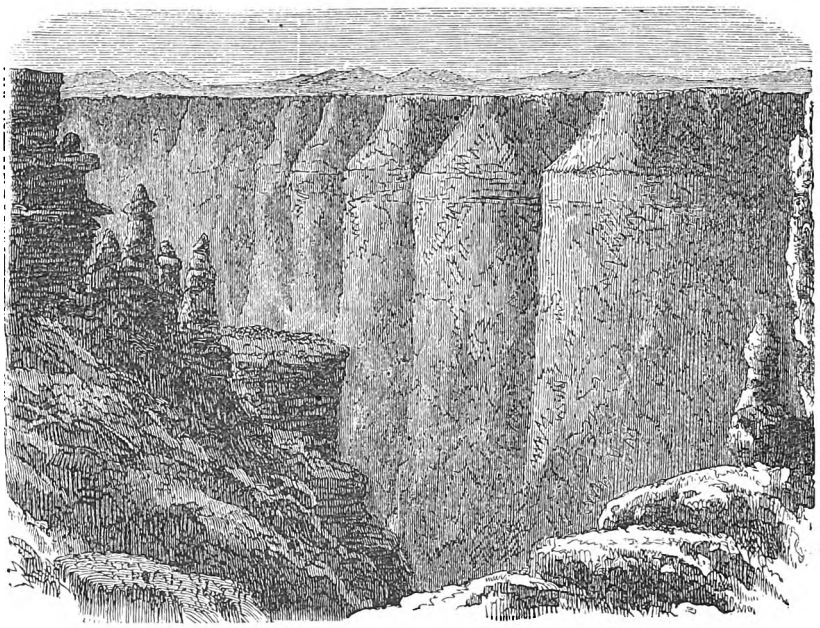


Fig. 399. — Erosione sulle sponde del Rio Colorado (America).

i continenti tendono continuamente a distruggersi ed abbassarsi.

51. Ma la degradazione continentale per opera degli agenti meteorici è più che altro un lavoro preparatorio di quella completa distruzione, che ai continenti stessi è continuamente minacciata dalle acque correnti. Ciascuno di quei mille ruscelletti, in cui si raccolgono lì per lì le acque pioventi, esercita sulla superficie delle rocce la sua azione, resa efficace dal difetto di resistenza nelle rocce scomposte dall'atmosfera. Ciascuno di quei ruscelletti porta la sua torbida, cioè una porzione dei rilievi del globo, destinata a discendere mano mano più basso, finchè sia portata al mare. Dai ruscelli nascono i torrenti, i quali, agendo con una forza proporzionata alla massa maggiore ed alla maggiore velocità delle acque, non solo portano la torbida in sospensione, ma esercitano un'azione erosiva sul fondo e sulle sponde, rodono il suolo, trasportano i massi, che riducono mano mano in ciottoli arrotondati con cui fabbricano in seguito ghiaie, sabbie e fanghiglie. Il frutto della loro rapina i torrenti consegnano ai fiumi, che, giù giù scorrendo, la recano finalmente in tributo al mare. I fondi dei littorali a poco a poco si alzano, pel continuo sovrapporsi di nuovi detriti. Già una parte dei litorali è colmata; ha preso forma di terra, che via via s'avanza sotto la forma d'estuario o di delta (1).

Noi siamo così già in grado di affermare con piena certezza che, se non si trova un compenso, tutti i continenti sono destinati a disfarsi, finchè, ridotti in frantumi, siano adeguati alla superficie del mare. Non c'è rupe, non c'è sasso alla superficie del globo che non porti già profonde le tracce di questo processo di progrediente distruzione. Ogni paese non ne è che un vasto teatro, alcuni principalmente dove appunto per la natura delle rocce, per l'umidità o per la rigidezza del clima si verificano le migliori condizioni del processo descritto. Questi sono solcati da valli profonde (Fig. 399), divise da altipiani o da creste, le quali non sono che i residui d'una massa continentale una volta tutta unita e compatta. Le creste dentate dei monti, i picchi isolati, le rupi disperse non sono che ruderi degli antichi edifici continentali. Talvolta d'una montagna o d'un vasto altipiano non rimangono altre vestigia che rupi isolate in forma di guglie, di colonne e pilastri (Fig. 400 e 360, 361)

(1) Vedi quanto venne detto su questo argomento a pag. 410 e seguenti.

Digitized by Google

dalle forme più stravaganti e fantastiche. Entra poi lo studio geologico a dimostrarci come sovente il vano tra monte e monte e quelli occupati da laghi o da seni di mari altro non rappresentano che il vuoto lasciato da enormi masse rocciose, erose ed esportate fino alla profondità di migliaia di metri sopra una superficie di migliaia di miglia.

Questo lavoro di distruzione continentale, per cui i continenti sono trascinati al mare, non si limita all' azione meteorica od a quella delle correnti di terra. Il mare stesso vi congiura potentemente. Esso è colle sue onde, colle sue tempeste un agente demolitore spaventoso (Fig. 362-364). Per misurarne in qualche modo l' effetto, basta pensare che quelle onde, capaci di sradicare un masso dal fondo, di battere le sponde in breccia come una macchina da guerra, e di produrre scoscendimenti di coste sopra estensioni di molte miglia, si esercitano incessantemente su tutti i lidi che segnano i confini dei continenti. A chi ha assistito una sola volta ad una tempesta che infuria contro le coste, deve parere impossibile che i continenti possano a lungo resistere, così che non siano interamente disfatti ed inghiottiti. E così dovrebbe certamente avvenire, e sarebbe già chissà da quanti secoli avvenuta la scomparsa d'ogni terra, se la provvida natura non avesse pensato ad un compenso. Nè varrebbe il dire che i delta e le nuove terre litorali rigenerate col detrito dei continenti che si vanno distruggendo, e i sali marini, provenienti dalla lavatura delle terre, assimilati dagli animali secretori e convertiti in banchi di testacei e in arcipelaghi corallini, rappresentano già un sistema di compensazione ed un riparo alla universale disfatta dei continenti. Distrutti i rilievi continentali, sarebbe annientato il provento dei detriti e dei sali, al mare non rimarrebbe che d' investire le basse terre appena emergenti dalla sua superficie, finchè delle vecchie e delle nuove terre non rimanesse una zolla, e il mare tutto ricoprisse sotto le sue acque il pianeta.

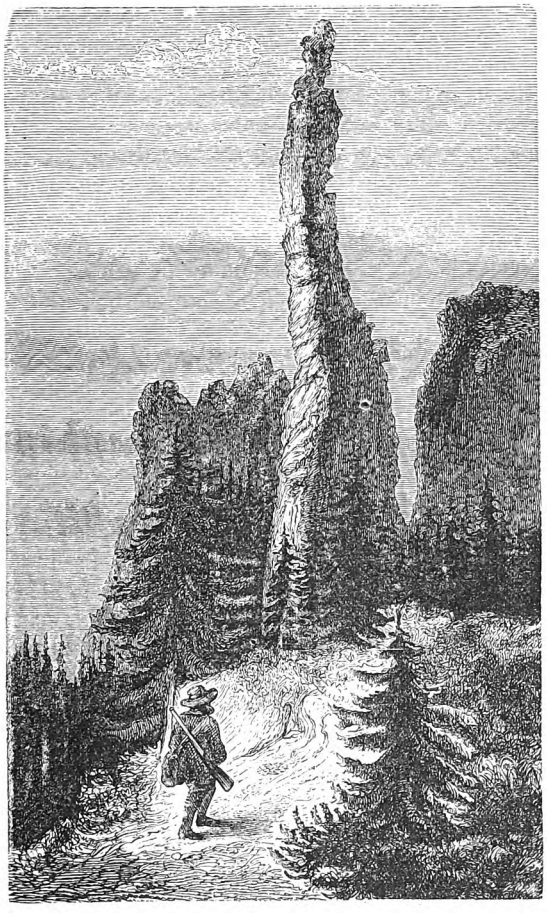


Fig. 400. — Pilastro naturale per erosione dell'arenaria nella Svizzera Sassone.

52. Il vero compenso sta, lo ripeto, nell'antagonismo potente delle forze endogene. In due modi lavorano le forze interne a rifare i continenti, mano mano che vengono distrutti: 1.° colla protrusione, ossia coll'emissione di nuove rocce dalle viscere del pianeta; 2.° col sollevamento della crosta terrestre.

Al primo modo lavorano tutti gli emuntorî del gran corpo del globo; dal più ardente vulcano, co' suoi indomabili furori, alla più fresca sorgente, colle sue acque limpide e tranquille. Così la crosta del globo, mentre da una parte superficialmente si scema, per la continua degradazione dei continenti, dall' altra continuamente s'ingrossa colla sovrapposizione di strati eruttivi. Cento e cento vulcani, disseminati sulla superficie terrestre, sono impiegati in questo secondo ufficio. Siano lave fluenti, o grandini e piogge di pietrame, di lapilli, di sabbia e di ceneri, trattasi sempre di enormi masse rocciose, che vengono a formare rilievo sul fondo del mare, o sulla superficie asciutta delle terre. Abbiamo visto ai nostri giorni certi vulcani, come il Conseguina e il Timboro, eruttare tanta copia di detrito dalle loro viscere, quanto sarebbe bastata, a calcoli fatti, a rifare una, due e fin tre volte il monte

Digitized by Google

Bianco. Lo si crederà facilmente quando si sappia che le ceneri del Conseguina, della famosa eruzione del 1835, coprirono un' area circolare, il cui raggio fu calcolato di 1000 chilometri. Sarebbe come se il Vesuvio dovesse involgere d'un tratto nell'oscurità e coprire di ceneri, non solo l'Italia, ma il Mediterraneo e vaste porzioni delle terre circummediterranee. Quanto alla copia delle lave, basta ricordare che lo Skaptar Jokul, vulcano islandese, nel 1783, vomitò due correnti, che si levarono fino a 150 metri d'altezza, sopra una superficie di forse 4000 chilometri quadrati (1). Quella sola massa di lava, dice Scrope, presentava un volume maggiore del monte Bianco. Montagne e distretti montagnosi a cento a cento troviamo così edificati dai moderni vulcani, a compenso di altre montagne e di altri paesi montagnosi distrutti. Vi sono isole, vi sono arcipelaghi vulcanici; quindi terre già sorte recentemente dal fondo del mare. Se vi sono coni vulcanici che s'elevano soltanto pochi piedi dalla superficie del mare, sopra brevissima area, come tanti che sporgono il capo dalle onde del Grande Oceano; altri ve ne sono che superano i 7000 metri d' altezza, come l'Aconcagua nel Chilì, ovvero come l'Etna, rizzandosi fin oltre ai 3300 metri d' altezza, coprono una superficie di 14 miriametri quadrati. È questo certamente un gran lavoro di riparazione. Se lo vediamo in tanta attività di servizio ai tempi nostri, sappiamo già d'altra parte che questo stesso lavoro di riparazione rimonta certamente ad un'epoca anteriore a quella dell'animalizzazione del globo, e continuò sempre coll'istessa foga in tutte le epoche geologiche. I vulcani sono certamente i più attivi tra gli operai che vi sono impiegati; ma non bisogna dimenticare i vulcani di fango, sparsi anch'essi su tutta la superficie del globo, e che troviamo, per esempio, autori, ancora intesi all'opera, di montagne e catene di montagne sulle rive del Caspio, e d'un arcipelago d'isole di fango in seno allo stesso mare. Non bisogna dimenticare le salse che eruttano fango dal seno del nostro Apennino, come dal suolo di vasti distretti in America, in Asia, nella Nuova Zelanda, e infine in tutte le grandi regioni del globo. Non dimentichiamo le stufe, o getti di vapore, i soffioni boraciferi, i geyser ecc, che incrostano di selce i rispettivi crateri, ed emettono continuamente tanta copia di minerali sciolti nelle loro acque bollenti. Non dimentichiamo finalmente tante migliaja di sorgenti incrostanti, che fabbricano montagne di travertino. Sono tutti agenti compensatori che, colla creazione di nuovi depositi e di nuove formazioni vanno ristorando la crosta del globo dalle perdite che va continuamente soffrendo per l'azione degradatrice degli agenti esterni, come s'è già ampiamente esposto nel capitolo dei *Vulcani*.

53. Ma noi assistiamo del pari a quell'altro grande lavoro di riparazione in cui sono impiegati gli agenti interni fin dal principio del mondo. Parlo del sollevamento delle montagne. La storia dei bradisismi, ossia delle lente oscillazioni della crosta terrestre, già compendiata in quest'opera, ci ha detto come attualmente molte terre e in molte parti il fondo del mare si vanno, con lentissimo moto, sollevando. Non è soltanto l'Italia; non sono soltanto la Scandinavia e la Danimarca che si vadano, almeno su molti punti, sollevando. Gli stessi arcipelaghi corallini danno indizi di recenti, anzi di attuali sollevamenti. Non altro abbiamo letto del resto nelle forme stratigrafiche, nelle inclinazioni, nei raddrizzamenti, nelle contorsioni degli strati componenti tutte le grandi formazioni del globo se non questo gran fatto che i continenti nostri furono prodotti col sollevamento del fondo di antichi mari. Tutta la crosta del globo non è che la dimostrazione di questo fatto; non è che l'espressione di questo grande sistema di compensazione; non è infine che la storia della distruzione graduale e successiva di continenti, per mezzo della degradazione, o del rifacimento dei continenti stessi per mezzo, almeno principale, del sollevamento.

Questo gran fatto c' invita a sprofondarci sotto la crosta terrestre in cerca di codesti agenti misteriosi, che vanno compiendo nel mistero questo lavoro di riparazione, senza il quale la Terra sarebbe stata già cento volte, in certo senso, distrutta, ossia sommersa dalle acque e convertita in un regno di morte.

Calore interno del globo (1).

54. Quanti parlarono dei grandi fenomeni che si operano nell'interno del globo, di cui le oscillazioni della crosta del globo, i vulcani e i fenomeni vulcanici non sono che altrettante manifestazioni, andarono presto d'accordo nel riconoscere nell'altissima temperatura del pianeta

(1) Vedi a pag. 486 di quest'opera.

(1) Vedi quanto se ne dirà in appresso, parlando delle diverse fonti del calore.

Digitized by Google

all'interno il principio d'ogni, per quanto multiforme, interna tellurica attività. Era facile accordarsi su questo, mentre non v' ha esperienza od osservazione la quale non ci accerti che il calore è il principio manifesto d' ogni attività fisica, chimica, organica, sicchè si può dire che ogni attività cresca o diminuisca in ragione diretta della temperatura. Supposto nell'interno del globo quella gelida temperatura che è propria degli spazî, supposto cioè che il Sole fosse l' unica sorgente calorifera, la cui azione non può farsi sentire che ad una minima profondità sotto la crosta d'un pianeta, non si vedrebbe più come possa operarsi nell'interno del pianeta stesso nessuna combinazione d'elementi, nessuna genesi di minerali, nessuna sensibile vibrazione di molecole, nessun cambiamento di volume, nessun fenomeno insomma che potesse divenire principio di movimento. Ammessa invece un' altra sorgente di calore nell'interno del pianeta, non rimane più altra questione che quella del grado di prevalenza da attribuirsi ai diversi fenomeni che si devono operare nell'interno, per spiegare ciascuna delle esterne manifestazioni dell'attività interna.

L'esistenza del *calore centrale* è dimostrata dall'esperienza diretta fin giù in quelle profondità massime, dove l'uomo potè penetrare. L' esistenza e l' incremento progressivo dell istesso calore centrale nelle maggiori profondità inesplorate, sono più che esperimentalmente dimostrati da tutto il complesso delle manifestazioni dei fenomeni endogeni, nominatamente dalle sorgenti termali, dalle stufe e dai vulcani. La diretta esperienza ci dice anzitutto che le oscillazioni della temperatura superficiale, dipendenti dai diversi rapporti in cui si trova annualmente la Terra colla sua massima, per non dir unica, sorgente di calore, che è il Sole, si arrestano ad una profondità, maggiore o minore secondo le latitudini, ma sempre piccolissima. Questa profondità non è che di 8 a 9 pollici sotto i tropici; cresce fin oltre i 30 piedi nei paesi temperati; raggiunge i 60 piedi verso il 45° di latidune, e si può ritenere che arrivi fin verso i 100 piedi nelle regioni polari. Così discendendo s'arriva dunque ben presto a quello che fu detto *strato a temperatura costante,* perchè ivi la temperatura non varia mai, per quante vicende possa subire la temperatura della superficie. Sotto lo strato a temperatura costante, il calore cresce, con una progressione che si può fissare in media ad un grado del termometro centigrado per ogni 30 a 32 metri di profondità (1). Così si è arrivato esperimentalmente fino a temperature che superano del doppio le massime temperature esterne. Chi può accertare che questa progressione del calore interno continui, e sopratutto continui regolarmente fino al centro della Terra? Per noi basta però la certezza che la temperatura interna cresce smisuratamente colla profondità. Le sorgenti termali, le stufe e i geyser ci offrono già temperature di 100 a 150 gradi. Quanto ai vulcani, essi ci obbligano a salire fin oltre i 1000 gradi, e ci autorizzano a supporre anche temperature di più migliaja di gradi. Come grande, come multiforme dev'essere l'attività mantenuta nell'interno del globo da un calore così potente, il quale opera come entro uno smisurato crogiuolo, in cui sono gettati tutti gli elementi di cui s' incorpora la natura tellurica!

55. Qual'è l'origine, quale la causa di questo interno calore? Fu primo Descartes, nel 1644, che considerò la Terra come un astro già luminoso, portato ad altissima temperatura, che, raffreddato e rappreso alla superficie, conserva un *fuoco centrale*, causa di tutti i fenomeni interni. Newton e Leibnitz divisero le idee di Descartes. Laplace le raccolse ed ordinò in un sistema, che si appoggia singolarmente su certe analogie tra la Terra e gli altri corpi celesti, considerati nelle loro diverse forme od apparenze, le quali sarebbero in corrispondenza colle diverse fasi che deve aver attraversato e deve attraversare ciascun astro, passando gradatamente, ma in un tempo più breve o più lungo secondo la mole minore o maggiore dell'astro stesso, dallo stato gazzoso in forma di nebulosa, fino a quello di un solido, perdendo mano mano il proprio calore, finchè sia ridotto alla temperatura freddissima degli spazî. In questa ipotesi il calore interno della Terra altro non sarebbe che un residuo di quel calore iniziale immenso, per cui la Terra stessa non era da principio che una smisurata nebulosa, composta di tutti i suoi elementi volatilizzati.

Noi abbiamo mostrato fin dal principio di

(1) La progressione del calore interno si manifesta più rapida negli scavi fatti in pianura, che in quelli eseguiti attraverso le montagne. La cosa è presto spiegata appena si pensi che il rilievo d'una montagna offre, sulla stessa area orizzontale, una maggiore superficie, la quale porta per conseguenza una maggiore irradiazione del calore interno. Mentre le esperienze eseguite nelle grandi città, come Parigi e Londra, le quali ordinariamente sono collocate in pianura, hanno dato appunto la progressione di un grado centigrado per ogni 30 metri, nel traforo del Frejus s'ebbe invece una progressione di circa un grado centigrado per ogni 50 metri.

Digitized by Google

questo capitolo di non avere più nessuna fede in codesto ipotetico sistema. La principale delle ragioni per cui crediamo logica la nostra incredulità è questa, che in tutti i fenomeni tellurici, presenti e passati, che si riportano all'interno del globo, il calore interno si presenta, non già come l'espressione d'una quantità d' energia, la quale si vada, per mezzo di continue perdite, attenuando, ma come un tanto d'energia perenne, atta, non solo a mantenere, ma a riprodurre, anzi a mantenere continuamente in eccesso il calore centrale (1). Se fosse altrimenti, che valore avrebbe più quella similitudine tanto vera, nata da tanta evidenza di fatti, non rifiutata da nessun geologo, che i vulcani rappresentano, per rapporto all'interno del globo, quello che, per rapporto ad una caldaja a vapore, le *valvole di sicurezza?* Prescindendo dal sistema di Laplace, quale sia la causa del calore centrale, per cui continuamente si riproduce e si mantiene in eccesso, non credo che alcuno finora l'abbia detto, o almeno dimostrato. Quanto all'autore di questo scritto, egli si riserva di proporre a tempo più opportuno, cioè quando l' abbia sufficientemente maturata, una teorica ch'egli non ha del resto mai cessato da molti anni di proporre e di spiegare nei Corsi pubblici delle sue lezioni. Questa teoria si appoggerebbe interamente all' idea che la cosidetta *energia potenziale* debba considerarsi come *forza cinetica* o *forza viva*, e quindi manifestarsi sotto una di quelle forme (calore, luce, elettricità, movimento vibratorio o movimento meccanico, ecc.) che prende ai nostri sensi quell'energia universale che si rivela, sostanzialmente, una ed identica in tutti i fenomeni dell'universo visibile. Accennando al concreto, in questa teorica, la forza centripeta, ossia la gravitazione di tutti i corpi che compongono il pianeta verso il suo centro, sarebbe considerata non più come moto in potenza, ma come moto continuamente impedito, e quindi costretto a trasformarsi continuamente in calore.

56. Qualunque sia il valore che il lettore credesse d'accordare alle diverse teoriche, l'esistenza di un immenso calore interno è un fatto; e tanto basta perchè vi riconosciamo il principio dell' attività produttiva d' ogni fenomeno interno, come il calore è il principio di tutti i fenomeni che si operano in seno ad una fornace ardente, (a cui può perfettamente paragonarsi la Terra) secondo i diversi corpi che vi sono gettati.

Ho detto che il calore interno è principio d'ogni interna attività; perchè ciascun vede che, per dar luogo agl' infiniti fenomeni di cui abbiamo le esterne manifestazioni, non può bastare il calore per sè stesso, come non potrebbe bastare a produrre, oltre la fusione o la volatilizzazione, nessun altro fenomeno, nella fornace di un industriale, o nella storta di un chimico, senza quei reagenti che si adoperano per ottenere, sotto l'azione del calore, le diverse combinazioni e i diversi prodotti. L' osservazione e l' esperienza ci insegnano che il calore interno non opera senza l'aiuto di un *medio universale*, onde è reso capace di esercitare la sua azione effettiva su tutti gli elementi, e formarne quei corpi di così varia natura di cui realmente si compone tutta la crosta del globo. Questo medio universale è l' acqua. Non c' è osservazione, non c'è esperienza, non c' è analisi di minerali, non c'è tentativo di sintesi litologica o mineralogica che non abbia dimostrato che l'acqua ha preso e prende parte alla formazione di tutti i componenti la massa esterna ed interna del globo, ed alla produzione di tutti quei fenomeni che ne rappresentano la vita.

Circolazione sotterranea delle acque.

57. Da tutti si parla della circolazione dei vapori atmosferici, per cui le acque si muovono, per un circolo continuo, dalla superficie del mare alle regioni supreme dell'aria, e da queste al mare. Ma il circolo delle acque è molto più vasto, è molto più fecondo d' effetti, che non sembri a chi non bada che a quello spettacolo vivacissimo di cui è vasto teatro sotto il sole la superficie del globo (1). La vera circolazione delle acque è quella che si può immaginare, e realmente si compie al centro della Terra ai più alti strati dell'atmosfera, e da questi di nuovo al centro della Terra. Dell' acqua che cade sotto forma di pioggia o di neve il mare non raccoglie che la parte minore. Di quella per esempio che s'accoglie nello sterminato bacino idrografico del Mississippì, un terzo soltanto o poco più si versa nel golfo del Messico. La massima parte delle acque, giunte alla superficie, continuano il loro viaggio verso le ime profondità del pianeta. Vi sono in tutte le regioni del globo fauci

(1) Questa questione è svolta ampiamente nel mio *Corso di Geologia*, Vol. III, Cap. XI.

(1) Vedi a pag. 383 e seguenti.

Digitized by Google

aperte a riceverla in ruscelli e torrenti che si versano immediatamente nelle voragini sotterranee; vi sono in qualunque più piccola regione montuosa fessure e crepacci a mille a mille, che avidamente la bevono. Ma la crosta terrestre, anche dove è più salda e compatta, è sempre una gran spugna per cui le acque filtrano, capaci per questa via di giungere a qualunque più smisurata profondità. L'idrografia sotterranea la vince certamente sull'idrografia superficiale. In quell'avventuroso viaggio entro i regni delle tenebre, le acque stesse scorrono come fiumi, si raccolgono in bacini e laghi sotterranei, e, dove uno strato più poroso e più permeabile posa sopra un altro meno permeabile, stagnano in zone acquifere, vaste talora come è vasto il Sahara, sotto cui la sonda dell' Arabo trova il cosìdetto mare sotterraneo. L'acqua infine scorre o filtra dappertutto, e non c'è particella della massa del globo che non ne sia impregnata. Ma dopo giri e rigiri, dopo una dimora, che può essere di giorni e di anni, l' acqua ritorna alla superficie. Ritorna con quelle ampie scaturigini, capaci ciascuna di generare di botto un torrente; ripullula dovunque in un numero infinito di sorgenti. Non c'è manifestazione vulcanica che non sia accompagnata da emissioni d'acqua o di vapori acquei. Gli stessi vulcani non sono in fondo che enormi sorgenti termali, capaci di vomitare in pochi giorni più acqua, che non ne ingoi in più mesi una vasta provincia.

Ma questi viaggi, queste dimore sotterranee sono tutt'altro che infeconde. Se le acque superficiali destano e mantengono i palpiti della vita e coprono di piante e di animali la superficie terrestre, le acque sotterranee creano e mantengono la vita degli elementi, ne fomentano le lotte e gli amori, e creano tutto un mondo sotterraneo che freme, turbina, si agita più del mondo esterno. Nessuno saprà mai descrivere gli effetti di quella attività genetica e metamorfica che esercita l'acqua nell'interno del globo, creando appunto quelle forze interne che operano in perfetto antagonismo colle esterne. La crosta del globo, come è il mezzo per cui si attiva la circolazione delle acque dall'esterno all'interno, e dall'interno all'esterno, è anche il mezzo per cui questo antagonismo si attua. La crosta del globo è anche l'unica porzione della massa terrestre su cui possiamo dirigere le nostre osservazioni, per aver almeno un saggio di quell' attività metamorfica e generica, a cui è irrimissibilmente condizionata la conservazione del globo.

Abbiamo parlato di vasti e profondi meati, per cui l'acqua può discendere, circolare nell'interno e ritornar quindi alla superficie del globo. Non c'è paese che non ci mostri enormi spaccature di monti, o non ci avverta di altre invisibili, ma ben più profonde, per mezzo delle sorgenti, delle stufe, dei geysers, dei vulcani, per cui l' acqua ritorna fresca o bollente, o in vapori o sotto forma di magma incandescente, ossia di lava, da cui si svolge, con spaventosi fragori, in nubi sì grosse, che tante appena ne potrebbe adunare il temporale più nero. Quanto alle minori crepature, basta appena guardare a qualunque porzione di nuda roccia, per essere persuasi che la crosta del globo è tutta fessurata, come appena può esserlo una massa di fango esposta al sole.

58. Ma esiste un accidente nella struttura delle formazioni che è proprio di tutte quante le rocce, siano esse d'origine sedimentaria, o d' origine eruttiva, tale che tutta la crosta terrestre non può agire che come un immenso smaltitoio delle acque superficiali. Questo accidente è quello che si chiama *clivaggio*, per cui tutte le rocce si mostrano divise in tanti pezzi più e meno regolarmente prismatici. La ragione universale di questo fenomeno sta in ciò che tutte le rocce, sedimentari od eruttive andarono soggette, dopo la loro formazione, ad un ristringimento. Osserviamo, per esempio, uno strato di fango o d' argilla umida, che stia disseccandosi all' aria. Quel fango e quell' argilla subiscono un rapido restringimento, per cui lo strato si screpola. Le screpolature disegnano sulla superficie una rete poligonale di crepature, che a poco a poco si moltiplicano, intaccano tutta la grossezza dello strato, finchè lo strato stesso sia diviso in tanti poligoni, separati l'uno dall'altro da tante fessure. L'effetto che produce sopra uno strato umido il prosciugamento è quello stesso che si opera sopra una massa in fusione ed anche sopra un impasto qualunque, come è la lava, quando si raffredda. Il raffreddamento produce anch'esso, come a tutti è noto, una contrazione ossia un restringimento. Se la massa in fusione od anche semplicemente riscaldata è poco omogenea, oppure se appiccicata come vernice ad un altro corpo, o comunque impedita di restringersi in massa, anch'essa si screpola, si spezza, si divide in prismi. Ecco ciò che doveva avvenire ed avvenne di fatto di tutti gli strati, di tutte le formazioni sedimentari od eruttive che compongono la crosta del globo. Gli strati, principalmente i detritici,

Digitized by Google

Digitized by Google

e fino di nove facce si mostrano tutte le lave moderne, specialmente le anfigeniti d' Italia, le riacoliti d'America (Fig. 402), poi le afaniti, i porfidi, ecc. Quanto ai graniti ed alle rocce porfiroidi, composte di cristalli, abbastanza grossi, più facile è vederli divisi in prismi regolari a quattro facce, in cubi, in tavole rettangolari, che, sovrapponendosi, formano colossali pilastri bugnati e muri ciclopici (Fig. 403). Molte volte però i poliedri sono molto irregolari, sicchè la roccia presenta la forma d'una muratura senza disegno. I prismi costituenti la porzione superficiale delle rocce, decomponendosi sotto l'azione meteorica, perdono a grado a grado gli spigoli, si ottundono e tendono ad assumere una forma sferoidale o sferica. Quindi i basalti globulari composti quasi di palle da cannone; quindi le *pile di formaggio*, cioè, sotto questo e sotto altri nomi, i pilastri e le pile di policdri, trasformati in sferoidi, che presentano sovente i graniti, le trachiti ed altre rocce cristalline. Anche le rocce sedimentari si fondono in masse poliedriche. Il clivaggio intacca la roccia perpendicolarmente al piano dello strato, sicchè lo strato stesso si divide in cubi o in prismi regolari, che, rimanendo sovrapposti come gli strati medesimi, disegnano anch'essi pilastri e murature ciclopiche, talora d'una regolarità meravigliosa. Più dei calcari sono soggette al clivaggio le arenarie, onde per esempio i *gres colonnari*, che s'incontrano in diversi paesi, e i cubi sovrapposti del cosidetto *Quadersandstein*, o arenaria cubica della creta germanica, onde sono tanto celebri i colossali pilastri, i colonnati bizzarri, i fantastici muri e le tante meraviglie che offre il paesaggio della cosidetta *Svizzera Sassone* sulle rive dell'Elba.

Fig. 402. — Riacolite colonnare nelle colline di Montezuma (Nevada: America settentr.).

Anche i calcari però vanno soggetti talvolta a regolare clivaggio, presentando anch'essi pilastri di dadi sovrapposti, bugnati etruschi, mura ciclopiche e pavimenti a pezzi poliedrici. Per ammirarne di stupendi, basta inoltrarsi in seno alle calcaree catene dell' Appennino meridionale e del Libano.

Fig. 403. — Granito tubulare di Cornovaglia (Effetto del clivaggio).

Alle spaccature naturali, alle infinite fessure prodotte dagli spostamenti delle rocce

Digitized by Google

e dal clivaggio, bisogna aggiungere la porosità delle rocce medesime, a qualunque natura appartengano, per completare l'apparato per cui entro tutta la massa del pianeta, dalla superficie al centro, si versa, circola, va e ritorna con perpetuo giro l'acqua che piove o scorre alla superficie.

59. È impossibile noverare tutte le specie e tutte le forme dei prodotti a cui dà luogo la circolazione d'un elemento, che merita veramente il nome di *generatore tellurico*. Per intenderne qualche cosa, bisogna riflettere alle quattro proprietà che ha l'acqua, per esercitare la sua azione su tutti i solidi elementi che compongono la crosta, anzi tutto l'interno del globo. L'osservazione più semplice e l'esperienza più volgare ci mostrano che l'acqua ha la facoltà: 1.° di sciogliere i minerali in cui s' abbatte; 2.° di combinarli disciolti; 3.° combinati, di trasportarli da luogo a luogo; 4.° di deporli. Le sorgenti calcaree incrostanti bastano a persuaderci di questa quadruplice proprietà. L'acqua, scorrendo tra le masse calcaree, aiutata dall'acido carbonico, scioglie il calcare; contemporaneamente il calcare stesso si combina coll'acido carbonico, trasformandosi in bicarbonato di calce; il bicarbonato di calce disciolto è trasportato in giro dalle acque destinate a formare una sorgente; la sorgente al suo sbocco abbandona in libertà l'acido carbonico, che ha servito alla combinazione, e depone il calcare, incrostandone il suolo. S'immagini quanto potente, quanto multiforme nell'effetto deve riuscire questa quadruplice facoltà che esercita l'acqua circolante sotterra, a temperatura sempre crescente, aiutata da un sempre maggior numero di solventi, scorrendo in seno a tante masse di diversa natura che compongono il globo! Facendo alcuni gruppi degli infiniti prodotti delle acque circolanti, a cui si deve finalmente la stessa composizione del globo e della sua crosta fino all'ultimo finimento, osserviamo storicamente quale può essere, in base all'esperienza, la serie dei composti a cui può dar luogo una certa quantità d'acqua, che penetra dal suolo fino alle massime profondità dove nascono i vulcani. Alla formazione d'un primo gruppo noi possiamo assistere facilmente, solo col penetrare in una caverna. L'acqua, dopo breve corsa al buio, ne ritrova il vano, e stilla a goccia a goccia dalla volta dello speco. Stalattiti pendenti, stalagmiti nascenti, pilastri fantastici, tutto quell'insieme — che prepara un indefinibile incanto a chi osserva, rischiarate al lume delle fiaccole, alcune delle tante spelonche ricche di stalattiti — è già un prodotto della quadruplice azione delle acque circolanti sotterra (1).

Al gruppo delle stalattiti, delle stalagmiti e degli alabastri, si accosta quello delle amigdaloidi, delle geodi e delle druse cristalline. Ogni bolla in seno alle lave già gonfiate dal vapore, ogni piccola cavità in seno ad una roccia qualunque è sempre una caverna piccola o grande, in cui l'acqua non manca di deporre i suoi minerali sciolti e combinati. Ma diversi sono naturalmente questi prodotti secondo la natura delle rocce in cui le stesse cavità si annidano. Nelle rocce quarzose o composte di silicati, nei graniti, nei porfidi, nelle lave di qualunque età o di qualunque famiglia, il riempimento non potrà essere che di silice o di silicati. Ecco l'origine delle agate che riempiono le cavità delle lave amigdaloidi, delle geodi di quarzo limpido (Fig. 404) o

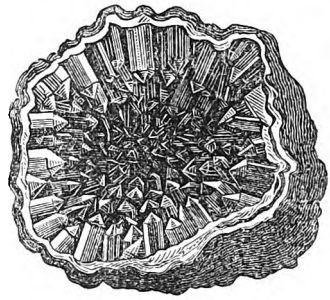


Fig. 404 — Geode di Quarzo.

d'ametista, delle druse tappezzate di cristalli di felspato, di tormaline, di berilli: ecco insomma la genesi di quelle tasche ripiene di cristalli, infiniti di forma e di specie, che sono il delirio del mineralogista.

60. Ma, anche dove non esistono cavità, l'acqua filtra tra poro e poro, e va esercitando la sua quadruplice azione, atomo per atomo, su tutta la massa rocciosa. Atomo per atomo scioglie, esporta, combina, depone, sicchè ognuno vede come qualunque più enorme massa di roccia possa atomicamente subire una diversa disposizione, presentare una diversa combinazione d'elementi, insomma cristallizzarsi. Così uno strato d'argilla, purchè vi siano abbastanza elementi, cioè quanto occorre d'acido silicico, d'allumina, di magnesia, di potassa, di soda, ecc., per comporre del quarzo, della mica, del talco, dell'anfibolo, ecc., può trasformarsi in micaschisto, in talcoschisto, in schisto anfibolico, ecc. Anche le rocce semplici

(1) Vedi a pag. 391 e seguenti.

Digitized by Google

e le aggregate, composte d'un solo minerale, possono atomicamente trasformarsi, cristallizzarsi, sicchè, per esempio, un calcare compatto diventi un calcare saccaroide, e un gres quarzoso diventi quarzite. Qui sta principalmente il mistero di quel metamorfismo, per cui le antichissime formazioni sedimentari, protozoiche o paleozoiche, si trasformarono in rocce cristalloidi.

61. L'acqua ad alta temperatura, spappolando le rocce e agendo chimicamente, può dar origine ad una serie di fanghi, a quelli precisamente che noi vediamo erompere dalle viscere della terra, formando i cosidetti *vulcani di fango*. Il concetto di questi fanghi eruttivi, quali ci è dato da parecchie osservazioni, e più distintamente dalle analisi eseguite dall' Abich sui fanghi eruttivi del Caspio, è quello di un magma lavico, ossia di una lava incoata, ma non compita. Ciò che ad essi manca, per essere veramente una lava, è la cristallizzazione dei componenti, la quale probabilmente sarebbe avvenuta, se l'acqua avesse potuto agire a temperatura più alta, o per più lungo tempo. Ma il processo della cristallizzazione fu dall'eruzione interrotto.

62. Continuando il descritto processo il tempo che basta, e sotto quella temperatura che si trova nelle grandi profondità, l'acqua acquista la virtù di comporre gli elementi in cristalli e di generare le lave, le quali, per quanto ci è dato finora di asserire in base all'esperienza, formano il vero riempimento del globo, se non fino al centro, certo a quelle massime profondità a cui ci possiamo portare coll'immaginazione o col calcolo, osservando le lave vulcaniche, di cui non conosciamo nulla che possa ritenersi generato a profondità maggiori. La generazione delle lave, per mezzo dell'acqua ad alta temperatura, in presenza degli elementi che compongono i silicati, è un fatto messo in sodo dalle celebri esperienze di Daubrée. L'acqua imprigionata nelle profondità terrestri, dentro il magma lavico, sotto temperature che non hanno limiti, acquista una forza, che noi chiameremo *vibratile*, onde è capace di rompere fino ad ignota profondità la crosta del globo. Libera allora da quella pressione enorme, si risolve immediatamente in vapore ed erompe, gonfiando, sollevando e trascinando seco nella terribile ascesa la lava, che, prima ancora di guadagnare la superficie del suolo, scoppia, è fatta in brani, triturata, ridotta in lapilli, in cenere, in sabbia; e il tutto è lanciato nelle regioni atmosferiche dalla foga del vapore, finchè la lava stessa, guadagnando l'orifizio della spaccatura, si riversa in correnti sulla superficie del globo.

63. Ma l'acqua che ritorna alla superficie donde è partita, con mezzi così violenti, trova al ritorno altre vie più pacifiche. Talvolta i vapori la sospingono per liberi canali, formati dalle spaccature della crosta del globo; ed ecco le sorgenti calde e i geysers; talvolta invece è il vapore stesso che, libero, si sprigiona dalle cavità sotterranee: ed ecco stufe e fumajuole. Nell'uno e nell'altro caso, la crepatura che serve di condotto s'incrosta, o per deposito acqueo, come i condotti artificiali delle sorgenti calcaree, o per sublimazione, come quelli dei soffioni boraciferi. Così si generano diversi ammassi di minerali, e nominatamente i filoni metalliferi. Il filone infatti non è che una massa di minerale, o di molti minerali insieme, che riempie una vecchia spaccatura. Vi sono filoni semplici e filoni composti. Questi principalmente, constando di parecchi strati di minerali diversi, sono i più atti a mostrarcene l'origine.

64. Osservando uno di questi filoni composti, che si presenti nella sua massima regolarità, come quello disegnato dalla fig. 405, che appartiene al distretto di Freiberg, si vede che la spaccatura (in questo caso operatasi nel gneis), è riempita da tanti binari di strati omonimi, cioè composti dello stesso minerale, inclusi l'uno nell'altro, formando tante parallele a quella linea semivuota che c'è nel mezzo e rappresenta l'ultimo residuo della spaccatura non ancora interamente riempita. Così, partendo tanto dall'una quanto dell'altra parete della spaccatura operatasi nel gneis, si passa successivamente, tanto da una parte quanto dall'altra, da uno strato di blenda ad uno di quarzo, quindi a un terzo di spato fluore, e così di seguito, com'è indicato nella scritta a fianco della fig. 405, finchè si arriva a quella linea mediana semivuota, perchè occupata da un doppio strato di spato calcareo, che ha dei vuoti nel mezzo, cioè una serie di piccole druse tappezzate di cristalli spatici. L'origine più plausibile di questi filoni zonati o fetucciati è quella di un getto di vapori acquei, ricchi di sostanze diverse, le quali si andarono successivamente sublimando, tappezzando successivamente le due pareti con tante zone, finchè tutta la spaccatura ne fu ripiena. Lo stesso effetto sarebbe prodotto da un corpo d'acqua minerale, che, correndo incanalato entro la spaccatura, ne incrostasse le pareti con minerali diversi. Ma le esperienze eseguite sulla

Digitized by Google

sintesi, ossia sulla generazione artificiale dei minerali, metallici o non metallici, che formano i filoni detti metalliferi, ci inducono a ritenere come dimostrato nella maggior parte dei casi che i diversi minerali si devono alla reazione dei vapori acquei con vapori d' altro genere; reazioni che si cambiarono più volte durante l'epoca in cui avvenne il riempimento. E quì bisogna notare in primo luogo che il variare delle reazioni, e quindi dei prodotti di sublimazione, col variare della temperatura o di altre circostanze, è cosa comunissima, e si verifica anche a brevi distanze di tempo, come lo dimostrano i recenti studi sulle fumajole vulcaniche. Bisogna notare in secondo luogo che da certi calcoli risulta come ciascun filone, anzi anche una sola drusa, una sola geoide, puo rappresentare, e rappresenta

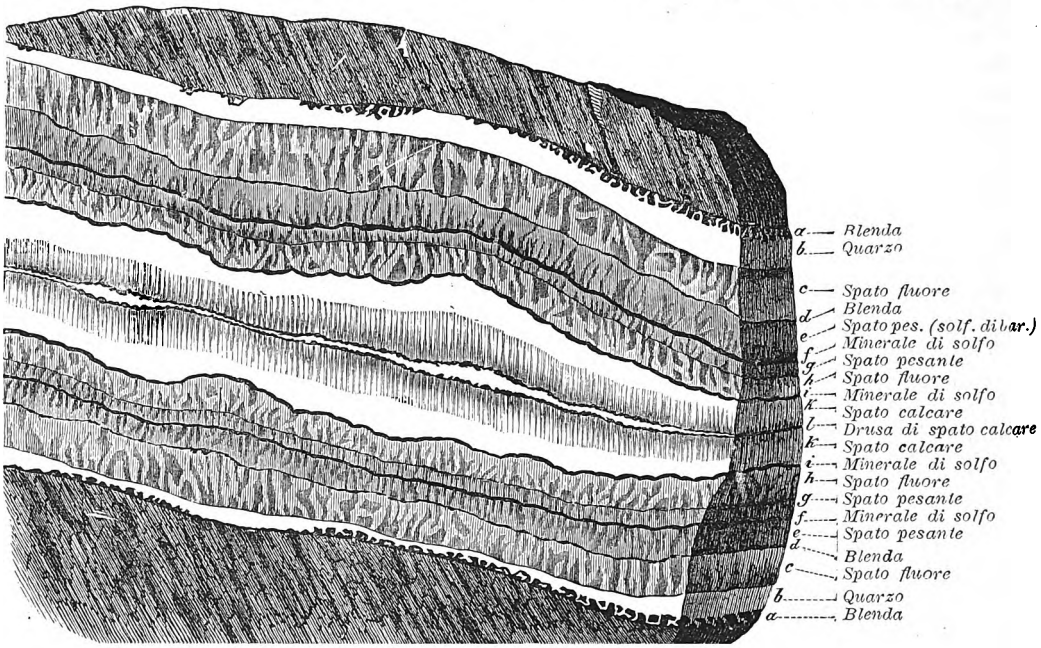


Fig. 405. — Filone fetucciato modello nel Freiberg.

realmente, col proprio riempimento, un lungo giro di secoli, durante i quali l' attività interna del globo ebbe campo di mutarsi molte volte nelle sue manifestazioni locali.

Teorica delle oscillazioni della crosta del globo.

65. Abbiamo inteso di porgere al lettore appena un'idea di quella infinità di processi che si svolgono nell'interno del globo per l'attività dell' acqua circolante, mantenuta in giuoco dalla perennità del calore centrale. Tanto ci basta però, perchè possiamo tentare qualche indagine circa le cause delle lenti oscillazioni della crosta del globo, a cui è specialmente legata la perpetua rigenerazione delle terre alla superficie del globo, mediante il continuo rimutarsi dei mari in continenti, e dei continenti in mari.

A chi non ignora le prime leggi elementari della fisica e della chimica, non fanno bisogno molte parole per convincerlo che tutti i mutamenti che avvengono nell' interno del globo, per quello qualunque dei processi di cui ci siamo occupati, non possono avvenire senza un cambiamento di volume delle massi minerali che lo compongono. In questo cambiamento di volume, comunque avvenga, starebbe la chiave delle oscillazioni, cioè degli alterni abbassamenti e dei sollevamenti della crosta del globo. Nella teorica proposta di Bischof, le oscillazioni ricevono impulso principalmente dal metamorfismo, il quale, in ultima analisi, si risolve nel doppio fenomeno di decomposizione e ricomposizione, a cui vanno continuamente soggetti sotterra, per virtù dell'acqua, i minerali costituenti le formazioni terrestri. Effetto della decomposizione è un aumento di volume delle masse decomposte. Un muro, coperto di un intonaco di calce non bene spenta, sbolletta e screpola, quando le zolle di calce si gonfiano, col ricevere tant' acqua quanto ne possono portare. Il Bischof dimostra che

Digitized by Google

le diverse rocce che si decompongono, come le vediamo tutte decomporsi alla superficie e nel sottosuolo per effetto dell'umidità, riescono di volume talora fin oltre il doppio. Per sollevare un dato paese all'altezza di un miglio, basterebbe che gli servisse di base una massa di basalto della potenza di un miglio. Si conoscono masse basaltiche, distese sopra centinaja di miglia, con uno spessore di centinaja di metri. Se quella massa basaltica, raddoppiata di volume per effetto della decomposizione, si riuscisse a ricomporla, il volume si ridurrebbe naturalmente alla metà, e quel paese, sollevato d'un miglio, si dovrebbe abbassare altrettanto. Ora sappiamo che, se la parte superficiale del globo è, per effetto dell'umidità che la impregna, una grande officina di decomposizione, la regione centrale invece, dove l'acqua esercita la sua forza genetica fabbricando i silicati cristallini, è un grande laboratorio di ricomposizione. Certo abbiam qui due forze, o per meglio dire due complessi di forze, che devono agire attivamente o passivamente come altrettanti motori della crosta terrestre. Io credo però che, se possono per questa via spiegarsi tanti movimenti locali, tanti palpiti affatto regionali, non si riesce però a dar ragione di quei vasti bradisismi, a cui può essere in preda un intero continente, e molto meno quella continua misteriosa altalena di continenti e di mari, per cui cento e mille volte le stesse aree furono alternatamente inondate od asciutte. Questa altalena costituisce, per dir così, la parte più fondamentale e più certa della storia del globo.

66. Lasciando da parte, per brevità, altre ipotesi ancora meno concludenti, io credo che possiamo attenerci, per ciò almeno che vi ha di più fondamentale, alla teorica iniziata da Scrope, alla quale io ho cercato di dare sviluppo e chiarezza nel mio *Corso di geologia*.

Stabilito il principio della perennità del calore interno, bisogna passare a stabilirne un altro, quello cioè degli squilibri locali del calorico medesimo. Tutta la dinamica terrestre e la geologia stanno per accertarci che l'attività interna del globo è infinitamente mutabile nelle sue locali manifestazioni esterne. Sta per tutti il fatto che cento volte le stesse regioni divennero alternatamente teatri di spaventosi vulcani, e di more di pace inalterabile per secoli. Nelle Alpi e nelle Prealpi, per esempio, dove tanti graniti e porfidi e basalti sono testimoni di migliaja di spaventose eruzioni avvenute nel giro dei secoli scorsi, tutto è pace oggigiorno, mentre i vulcani imperversano all'estremità meridionale della penisola. Lo spegnimento o la diminuzione dell'attività vulcanica, che dicono diminuzione locale della condizione prima che è il calore, come lo sviluppo o l'aumento dell'attività vulcanica in altro luogo, che dicono aumento di calore locale, sono fenomeni storici, già verificati molte volte.

Dove il calore è in aumento, saranno in aumento naturalmente tutte le forze attive che possono produrre uno spostamento delle masse del globo, e per ultimo effetto un sollevamento. Dove invece il calore è in diminuzione, le forze attive saranno meno efficaci, rimanendo la prevalenza a quella forza, in questo caso da dirsi passiva, che è la gravitazione, la quale sarà naturalmente più pronta a produrre un abbassamento.

Dopo di ciò basterebbe poter stabilire, non più soltanto in via di principio, ma anche in via di fatto, un sistema, per cui il calore dovesse alternatamente accumularsi sotto le aree marine e diminuirsi sotto le aree continentali. L'effetto sarebbe un alterno sollevamento di quelle e abbassamento di queste; perchè sotto le prime avverrebbe una dilatazione, ed una contrazione con diminuzione di volume sotto le seconde. Al tempo stesso sotto le aree marine l'aumento del calore porterebbe un aumento di tutte quelle attività fisiche e chimiche capaci di produrre un movimento attivo; viceversa sotto le aree continentali. Questo sistema si verifica di fatto, in conseguenza del doppio fenomeno della degradazione, che va spogliando e decorticando i continenti, e della sedimentazione, che va per l'opposto rivestendo e ingrossando sempre di nuovi strati i fondi marini. Da ciò necessariamente uno spostamento continuo delle linee isotermiche sotterranee; cioè un abbassamento di temperatura sotto le superficie asciutte, con effetto di ristringimento, e quindi di abbassamento, ed un aumento di temperatura sotto i fondi marini, con effetto di dilatazione, e quindi di sollevamento.

Ma le aree che si sollevano, diventando terre asciutte, sono immediatamente soggette alla degradazione; mentre lo divengono alla sedimentazione quelle che si sommergono. Ecco quindi invertirsi l'effetto conseguente; cominciare cioè un abbassamento di temperatura con restringimento e conseguente abbassamento sotto le aree sollevate e un aumento di temperatura con effetto di dilatazione e conseguente sollevamento sotto le aree sommerse. Quindi un'altalena; quell'altalena con-

Digitized by Google

tinua, quel continuo rimutarsi di terre e di mari, che è, per così dire, la sintesi della storia del globo a cui si arriva, a tutto rigore di logica, colla geologia.

Riepilogo.

67. La crosta del globo, quale ci si presenta, è un prodotto posteriore al principio dell'animalizzazione del globo. Fino da quei primissimi tempi la superficie del pianeta era divisa in terre ed in mari, e fin d' allora era nella sua piena attività stabilito quell'antagonismo tra le forze esterne e le forze interne, a cui anche in oggi è affidata la conservazione del globo ad onta de' suoi continui cambiamenti. Fino da quei primissimi tempi era attivato quel giuoco d'altalena, che è come il risultato finale della dinamica terrestre. I sali, specialmente i calcarei, che le acque terrestri portarono in soluzione al mare nelle diverse epoche, mentre diedero alimento a tutte le generazioni d'animali secretori che si succedettero nel possesso dei mari, generando, per mezzo degli animali stessi, le grandi masse calcaree, provvedevano all' edificio dei nuovi continenti da sostituirsi agli antichi. Le stesse acque terrestri, associate all'azione diretta delle acque del mare, produssero mano mano quella sterminata copia di detrito d' ogni forma e d'ogni natura che, distribuito in sedimenti, doveva servire mano mano allo stesso magistero di riparazione. Tale è l'origine delle rocce calcaree da una parte, e delle rocce aggregate dall' altra, di cui constano principalmente le formazioni stratificate e fossilifere, di cui si compone per tanta parte la crosta del globo. I vulcani intanto continuarono ad erompere, vomitando torrenti di lava e diluvî di lapilli, di sabbie e di ceneri, che formarono enormi masse cristalline, le quali, associate alle sedimentari, costituirono l'altra parte della crosta terrestre. Il calore interno, sempre perenne, anzi continuamente in eccesso, servì ad attivare quel complesso di forze fisiche e chimiche, per cui la Terra fu ed è continuamente in preda ad oscillazioni, che si manifestano alla superficie mediante i sollevamenti e gli abbassamenti della crosta terrestre. L'alterno rimutarsi dei mari e dei continenti non è che la risultante necessaria degli squilibri del calore interno, combinati col doppio fenomeno della degradazione e della sedimentazione. Le grandi masse, spostandosi e squilibrandosi, mentre si sollevano o si abbassano, reagendo sui lati, produssero il ripiegamento degli strati. La crosta del globo, già porosa per natura, si rompe, dando luogo ad un sistema infinito di fessure, larghe o strette, per cui l'acqua circola entro le viscere terrestri. Effetto di questa circolazione sono tutti i fenomeni riferibili al metamorfismo delle masse preesistenti: quindi la generazione delle rocce cristalloidi e i depositi minerali nelle cavità terrestri. Le acque stesse, sotto altissima temperatura, generano i magma lavici, che, trascinati dalla foga del vapore erompente, ribollono dai vulcani. L'acqua e i vapori acquei danno poi luogo alle sorgenti termo-minerali, alle emanazioni gazzose, ai vulcani di fango, e a tutte quelle manifestazioni dell' attività interna del globo, compresi i terremoti, indicati complessivamente colla parola vulcanismo. Così la crosta terrestre è in preda a continui movimenti, rapidi o lenti, alternanti o intermittenti, e mentre di continuo si distrugge, di continuo si rifà. Perciò la crosta del globo, tale quale è al presente, come in sè nulla contiene che rimonti propriamente alle origini del globo, così non contiene nulla che possa sperare di vederne la fine, trovandosi in uno stato di perenne mutamento e di continua transizione.

Digitized by Google

LIBRO II.

L' OCEANO

CAPITOLO I.

GLI SPAZÎ OCEANICI (1)

« Sor la terre, de cui li contes a tenu long parlement, est assise l'aigue, ce est la mer greignor (2) qui est apelée la mer Oceane, de cui toutes les autres mers et braz de mers, et fleuves et fontaines qui sont parmi la terre, issent et naissent premierement, et là meisme retornent il à la fin ».

BRUNETTO LATINI, *Li tresors*, Paris, 1863, pag. 115.

La immensa distesa di acque, che occupa tanta parte della superficie terrestre, doveva esercitare sulle rozze fantasie delle prime genti quel fascino irresistibile che produce l' infinitamente grande e l' ignoto. Raccolti sulla spiaggia percossa dai flutti, gli umani per necessità di cose assistevano alle vicende che subiva l'ondeggiante elemento, pronto a passare dalla calma più serena, più sorridente, più ammaliante, ai parossismi più furiosi e tremendi che si possano imaginare. Ond' è ch'essi non potevano concepirlo altrimenti che quale una massa senza fondo e senza confini, qua popolata di isole fortunate e di margherite, là di sirene e di circi, sempre di vortici spaventevoli e di mostri pronti a inghiottire l'audace che volesse rivelare i misteri di quel mondo sconosciuto, a volta a volta agitato da esseri parimenti misteriosi e potenti.

E immersa e galleggiante entro l' Oceano stava quella parte solida e asciutta, dove l'uomo dimorava, e ch'esso riteneva pur molto grande, benchè ogni popolo allora ne conoscesse appena una limitatissima porzione. L'antichissima voce semitica « og » corrispondente a « circolo » o a « ciò che tutto circonda » e che si vuole costituisca la radice prima della parola « oceano », trova perfetto riscontro nel mondo omerico, scolpito da Vulcano, e del quale

il gran fiume Ocean l'orlo chiudea.
(*Iliade*, trad. del MONTI, libro XVIII).

Anzi tale concetto, universale nell'antichità, che l'oceano, quasi fiumana sterminatamente grande, circuisse d'ogn' intorno la Terra, fu uno fra quelli più tenacemente radicati nei cer-

(1) KANT, *Geog. fis.*, vol. I., pag. 119; - HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. I., pag. 281; — RÉCLUS, *La Terre*, 5.ª edit. Vol. II., pag 1 e seg.; — PESCHEL, *Phys. Erdk.*, vol. I, pag. 392 e seg.; — HANN, HOCHST, *und* POCKORNY, *Allg. Erdk.*, ecc. pag. 136.; — HUGUES. *Geogr. fis.*, pag. 107; — SOMMERVILLE, *Geogr. fis.*, Vol. I, pag. 296; — SUPAN, *Grundzüge* ecc. pag. 135 e seg.; — GEIKIE, *Text-book of geol.*; pag 32,418; — MAURY, *Géographie physique de la mer. trad. par* P. A. TERQUEM, 2 ed. franc., Paris, Corréard, 1861; — GUTHE-WAGNER, pag. 73 e seg ; — BOGULAWSKI. *Prof. Dr. Georg., Handbuch der Ozeanographie*, I, Stuttgart, Engelhorn, 1884; — GELCICH, *Grundzüge der physischen Geographie des Meeres*, ecc., Wien, 1881, Höldes; — KRÜMMEL, *Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume*, Leipzig, 1879; — id. *Neue Aerale für die Meeresräume* in *Zeitschr. für wissensch. Erdkunde*, II, 1881, pag. 73; — STOPPANI, *Acqua ed aria, ossia la purezza del mare e dell' atmosfera*, ecc. Milano, Hopli, 1882; — G. H. GIGLIOLI ed A. ISSEL, *Pelagos, Saggi sulla vita e sui prodotti del mare*, Genova, Istit. dei Sordomuti; — PETERMANN, *Die Bodengestaltung des Grossen Ocean*, in *Mittheil*, 1877, pag. 125, con carta annessa; — THOMSON WYVILLE, *Les abîmes de la mer; récits des expeditions de draguage des vasseaux de S. M., le « Porcupine » et le « Lightning » pendant les étés de* 1868, 1869 et 1870, ecc., *Ouvre trad. par le doct.* LORTET, Paris, 1874, Hachette.

A. MANZONI. *Ordini ed istruzioni scientifiche del Challenger*, in « *Boll. della Soc. geog. ital.*, vol. IX, 1873, pag. 128; — id. *Le ricerche scientif. delle profondità marine*, ecc., id. vol. X, fasc. II., pag. 3, fasc. III, pag. 20; — Id. *Esplorazioni delle profondità marine*, in *Istruz. scient. ai viaggiatori dell'* ISSEL, pag. 219; — CHIERCHIA, *Esplorazioni abissali e talassografiche*, in *Rivista marittima*, marzo 1882.

(2) Cioè *massimo*, il *grandior* dei latini.

Digitized by Google

velli umani, tanto che forse soltanto Colombo colla sua traversata dell'Atlantico o, meglio ancora, i continuatori dell'opera di lui giunsero ad estirparlo.

Gli altri concetti che l' antichità si era formata della massa acquea terrestre erano analoghi a questi. All'Oceano esteriore corrispondeva una serie di mari interni, dei quali quello più noto alle schiatte da cui noi Europei ereditammo la civiltà, era il Mediterraneo, « l'intestinum » o « internum mare » di Sallustio e di Mela; ma non affatto ignoto era altresì l'Indiano, a lungo ancora ritenuto mare chiuso, o, alla peggio, comunicante coll'Oceano mediante uno stretto, e ciò in omaggio ad una sognata legge di simmetria col Mediterraneo occidentale.

Certamente sarebbe curioso poter seguire passo passo, almeno nella evoluzione delle denominazioni, il concetto che delle varie parti del mare venne a poco a poco formandosi nella coltura dei diversi popoli. Così per gli Egizî, il Mediterraneo era il « gran mare » in contrapposto del più piccolo « mare di Pun » cioè « mare d'Arabia », e il « gran mare » era anche per gli Assiri e per gli Ebrei, per quest' ultimi in contrapposto col piccolo « mar Morto »; ma, sì per gli Assiri come per gli Ebrei, anche « mar del Ponente » in contrapposto del « mar del Levante », fosse questo il Caspio o ancora il « mar Morto » (1). Ma per quei popoli orientali più tardi esso apparve come « mar Greco », mentre per i Greci e pei Latini era dapprima semplicemente « mare interno », finchè questi ultimi, diventati dominatori delle sue sponde, vollero quasi dichiarare la propria padronanza sovr'esso colla superba denominazione di « mare nostrum ». Il nome di « Mediterraneo », forse già prima diffuso, non si trova adoperato nella lingua letteraria prima di Solino, un geografo compilatore del secolo III, e soltanto nel VI° secolo per un momento cede il posto a un nome che rappresentava allora tutt'al più una memoria, cioè quello di « romaicos colpos » di « golfo romano », col quale lo designa il celebre Cosma Indopleuste, un monaco alessandrino celebre pei suoi viaggi nell'India (2).

Però e allora e dappoi quello di Mediterraneo ebbe ed ha sempre piuttosto il carattere di un nome convenzionale e di uso limitato fra le genti colte, che non diffuso fra i popoli e i marinai, poichè un tal nome è il frutto di una certa conoscenza sintetica della sua morfologia. Il volgo, l'abitante delle spiaggie, come il marinaio, o lo designa col nome comune di « mare », o lo suddivide in infinite parti designate con nomi diversi a breve distanza, e sovente diversi da popolo a popolo.

Non è questo il momento di accennare a tali distinzioni, bastandoci, a mo' d'esempio, di accennare come una stessa delle massime divisioni del Mediterraneo, la sua parte orientale, per gl'Italiani e nei trattati solitamente nota col nome di « mar del Levante », ai Greci lo sia sotto quello di « Aspri thalassa » « (l'Ac Degnis » dei Turchi e il « Bhar Sefid » degli Arabi), cioè di « mar bianco », forse pel contrasto col nebbioso « Mavro thalassa » o « mar Nero » che gli sta a tramontana. E lo stesso Adriatico, il « golfo » per eccellenza dei Veneziani, presso gli abitatori albanesi della sponda opposta è noto sotto il nome di « Sine more », cioè « mare Azzurro ».

E lo stesso fatto ricorre dovunque ci sono mari, con danni non lievi della chiarezza, essendochè non sempre le stesse caratteristiche colpiscono egualmente cervelli diversi, e quindi i vari nomi s'impongono con criterî dissimili. Così il mare, con criterio etnografico detto dagl'Italiani « Germanico », dai Tedeschi è detto « del Nord », dagl'Inglesi « dell'Est », dai Danesi « dell'Ovest »; mentre quest'ultimi e gli Svedesi e i Tedeschi chiamano « mar dell'Est » (öster Siön, Est See) quello che per i Finni è « l'Ita möri », e per i Russi e per quasi tutti « mar Baltico » (Baltiiscoie More, Baltisches Meer ecc).

Nei paesi più prossimi a noi, il guaio proveniente da simile « confusio nominum » è assai piccolo; ma non così nelle regioni più lontane, dove i limiti stessi dei mari son male determinati, hanno una base convenzionale, e vengono accettati dai geografi con criterio assolutamente individuale. Così il Bogulawsky (1) opportunemente avverte come, alcuni anni addietro, una confusione notevolissima affettava tutte le varie denominazioni dei mari, che si estendono fra la Cina meridionale, le Molucche e le isole della Sonda, anche attenendoci a quattro soltanto delle più autorevoli fonti cartografiche, vale a dire alle carte dell' Ammiragliato inglese, a quella del Kiepert, del Berghaus e dello Stieler.

(1) Kiepert, *Lehrb. der Alten Geogr.*, Berlin, 1878, pag. 29.

(2) Vedine la carta in Marinelli, *La geografia e i P. della Chiesa*, già citato.

(1) Pag. 18.

Digitized by Google

Questo si verifica tanto nelle piccole, quanto nelle massime divisioni dell' Oceano. Quando si cominciò a considerarlo non più come un tutto indivisibile ed uno, le sue parti ebbero dei nomi, desunti dapprima unicamente dalla plaga che quelle occupavano, onde le denominazioni di « Oceanus orientalis, » « occidentalis » e « borealis » o « mare cronium » o « tenebrosum », nè a questi sempre si aggiungeva il « meridionalis », dacchè la sua esistenza era subordinata ai concetti della forma terrestre, dell'abitabilità della zona torrida e della ipotetica esistenza del continente australe. Invece l' oceano generalmente si riteneva desse vita a quattro golfi simmetrici, che con esso comunicavano, cioè al Persico, al mar Rosso, al Caspio e al Mediterraneo.

Non è tuttavia a credere che l'idea di un oceano unitario, poco disforme dell'omerico e dal biblico, scomparisca così tosto dalla mente dei geografi. Colombo ancora, scrivendo ai sovrani spagnuoli, si serve di un'espressione collettiva ed una: « la mar oceana »; e col nome di « mare oceanum », senz'altro, Juan de la Cosa (1500) designa l' Atlantico non senza però far posto ad altri due e tre nomi analoghi: il « mar oceano setentrional » od anche « mar quiada (rappreso, gelato) setentrional » e il « mare indico ».

Ciò non toglie che intanto alcuni dei vecchi nomi classici e qualche nome nuovo facessero mostra di sè nelle carte o nei trattati. Così, già in Brunetto Latini nel sec. XIII troviamo i nomi antichi di « mar d'Arabia » e « di Persia » e di « mar d' Ircania » e « di Caspio » e « di Scizia »; ma, accanto ad essi, si notano quelli di « mer de Gales » o « d'Inghilterra » e poi « la mer d'Athlans » e daccapo quelli di « mar di Libia » e « d'Egitto ». Più tardi il celebre Mappamondo di Fra Mauro, del 1453, quantunque alla Terra attribuisca la figura di un disco, ci presenta due principali distinzioni dell' oceano: quelle cioè di « oceanus Athlanticus » e « oceanus Chataicus », mentre col nome di « mare indicum » pare accenni a collocare quest' ultimo fra i mari interni.

Nel secolo XVI e colla scoperta d'America l'eponimia oceanica comincia a definirsi meglio, senza però mostrare accordo veruno tra i geografi. Il mappamondo di Diego Ribera del 1529 dà i nomi di « oceanus septentrionalis » o di « mare Hiperboreum » allo spazio marittimo interposto fra la Gran Brettagna, la Norvegia e l' Islanda; di « oceanus occidentalis » all'Atlantico mediano; di « mare Ethiopicum » all'Atlantico meridionale; di « mar del Sûr » al Pacifico; di « mare Indicum » e « oceanus orientalis » all'oceano Indiano e a quella porzione del Pacifico che bagna le costiere asiatiche. L' « oceanus Atlanticus » del Mappamondo di Mercatore (1569) corrisponde alla parte settentrionale di quell'oceano che noi oggi designamo con tal nome, e « l'oceanus Aethiopicus » n' è la parte meridionale e più prossima alle coste africane; « el mar Pacifico » corrisponde a quella porzione d'oceano che limita a libeccio l'America meridionale, come « l'oceanus sericus » a quella che prospetta le coste asiatiche fra 50 e 60° di latitudine boreale, mentre a mezzogiorno e a libeccio di esso si stendeva il « Magnus sinus », e l' « oceanus Scythicus » formava a settentrione il limite estremo dell' Asia.

Negli altri cosmografi e geografi della stessa epoca o di poco precedenti, come, per esempio, nel Gastaldo (1546) o nell' Ortelio (1570), si trovano press'a poco le medesime denominazioni con qualche variante o con qualche aggiunta, come quella di « mar de la China », di « mar congelato » e anche di « mar del nord », data quest'ultima all'Atlantico settentrionale, forse in contrapposto col « mar del Zur » o del sud.

L'aver più tardi esteso il significato di Atlantico a tutto il vasto mare, che s'interpone tra le due Americhe da un lato e l' Europa e l'Africa dall'altro, è dovuto al Varenio (secolo XVII) e la sostituzione del nome di « grande oceano » ai due nomi di « mare del sud » e di « Pacifico » a quel Buache (1752) del quale già discorremmo. Però questo nome non entrò molto facilmente nell'uso comune, se non lo troviamo adoperato nel grande Dizionario geografico e storico di Bruzen de la Martinière del 1768. Per giunta, non tutti, accettandolo, ne limitavano il significato a quello che gli attribuiva il Buache, come ci mostra, ad esempio, il Fleurier che lo allargava ad abbracciare anche l' oceano Indiano. Del resto, l'uso stesso di tale denominazione doveva dipendere dalla estensione che si attribuiva al medesimo oceano interposto fra Asia ed America, estensione ch'era pure argomento di discordanza fra i geografi medesimi, se il Sanson assegnava a quell' oceano uno sviluppo di 115° in longitudine, che il Delisle portava a 153°. È al Fleurieu che si deve ancora la introduzione delle denominazioni di « mare Artico » ed « Antartico ». Invece riuscì a vuoto, tanto che più nessuno la ricorda, la proposta del Kant di chiamare

Digitized by Google

le varie parti dell'oceano Pacifico coi nomi dei più illustri navigatori che ai suoi tempi lo avessero esplorato, cioè col nome di « mare di Cook » la parte settentrionale, con quello di « mare de la Perouse » la meridionale.

Ad onta degli studî così progrediti e delle esplorazioni oceaniche tanto fortunate e frequenti, in questo stesso secolo continuava a regnare la più ampia libertà nella denominazione degli oceani, libertà assai nociva, perchè rendeva difficile talvolta la loro giusta identificazione. Anzi la cosa parve di tanta gravità, che la società geografica di Londra nel 1845 credette opportuno di occuparsene ed elesse un'apposita commissione, allo scopo di fissare una divisione dell'oceano basata su fondamento razionale e scientifico, cioè tale che ne assicurasse l'accettazione generale e una grande stabilità. La commissione presentò le sue conclusioni nel 1847, proponendo una divisione delle acque marine in cinque grandi oceani. Ecco quali sono i cinque oceani, così allora proposti coi loro relativi limiti.

1). *Oceano Atlantico*, limitato a tramontana e a mezzogiorno dai due circoli polari, a ponente dalle coste orientali delle due Americhe e dal meridiano (68° long. occ. da Greenwich) condotto dal capo Horn al circolo polare antartico, a levante dalle coste occidentali dell'Europa e dell'Africa e dal meridiano che corre a mezzogiorno del capo delle Agulhas (20° di long. orient.);

2). *Oceano Pacifico*, limitato a tramontana dallo stretto di Bering, a levante dalle coste occidentali delle due Americhe e dal citato meridiano del capo Horn, a mezzogiorno dal circolo polare antartico, a ponente dal meridiano, che, partendo dal circolo polare antartico, raggiunge il capo Sud della Tasmania (147° dilong. orient.), dalle coste orientali dell'Australia, della Nuova Guinea e dell'Asia;

3) *Oceano Indiano*, limitato a settentrione dalla Persia e dall'India anteriore, ad oriente delle coste occidentali dell'India transgangetica e da quelle occidentali e meridionali delle grandi isole della Sonda, ancora dalle occidentali dell'Australia e dal meridiano del capo Sud della Tasmania, a mezzogiorno dal circolo polare antartico, a ponente dal meridiano del capo delle Agulhas e dalle coste dell'Africa e dell'Arabia.

4). *Oceano Artico* e 5) *Oceano Antartico*, i due mari glaciali limitati ciascuno dal rispettivo circolo polare (1).

(1) V. la nostra **Tavola VIII**.

Come è facile capire, siffatta divisione si basa da un lato sulle più appariscenti linee, che provengono dalla morfologia dèi continenti procurando di supplire, dove queste mancano o s'interrompano, mediante delle linee geometriche, quali sarebbero i meridiani e i circoli polari. Questo criterio misto non ha veramente una base scientifica e i limiti degli oceani, più che dalle coordinate geografiche, dovrebbero essere dati dai rialzi del fondo, spesse volte segnati da serie successive di isole, ma qualche volta rilevati soltanto dallo scandaglio, anche qualora pur esercitino una grande influenza sulle condizioni fisiche dei bacini ch'essi dividono. In genere, i limiti settentrionali dei varî oceani non sono argomento di discussione, tanto più che la morfologia subacquea qui darebbe delle linee di divisione non molto diverse dalle superficiali. Così lo stretto di Bering apparisce ottimo limite, anche perchè, dal capo orientale dall'Asia al capo del principe di Galles, si stende colà per le isole di Diomede e di Krusenstern un altopiano sottomarino notevolissimo, e un altro, quasi in coincidenza col circolo polare artico, si stende fra la baia di Baffin e la Groenlandia, e fra questa e l'Islanda. Ma da quest'isola la linea vera di confine tra l'Atlantico e l'Artico dovrebbe correre a sirocco dell'Islanda verso le Fär-oer e le Shetland, per raggiungere poscia l'estremità di libeccio della Norvegia. Parimenti i limiti settentrionali dell'oceano Indiano non danno motivo a contestazione. È soltanto a greco, cioè lungo il tratto frastagliato e così dovizioso di arcipelaghi, disteso fra l'Asia e l'Australia, che la divisione fra l'Indiano e il Pacifico non è accettata così alla leggera da tutti i geografi, volendo anche tuttodì alcuni fra essi (1) annettere all'oceano Indiano i mari di Sonda, di Celebes, di Mindoro e delle Molucche, anzi alcuni persino il mar della Cina.

Per alcuni geografi (Supan, Reuschle) il limite più appropriato per l'oceano Antartico dovrebbe risultare da una serie di curve che congiungessero le estremità meridionali dell'Africa, dell'America e dell'Australia. Così si segnerebbe l'estensione del solo fra gli oceani che non subisce interruzioni di continenti e che presumibilmente non contiene se non scarso numero di piccole isole, un vero oceano *circumterraneo*, in contrapposto agl' *intercontinentali*, e ad un tempo agli ammassi di terre

(1) SYDOW, *Grundriss der Allgem. Geogr.*, 1862, pag. 66; — GELGICH, op. cit. pag. 2.

Digitized by Google

Digitized by Google

L'OCEANO ATLANTICO COLLE PROFONDITA' MARINE E COI CAVI TELEGRAFICI Tav XVIII

Milano, Studio Lit. P. Porati — Casa edit. Dottor Francesco Vallardi — G. Marinelli inv. e diresse

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

che si affollano al polo settentrionale. L' idea non è nuova; poichè con altro nome era già stato proposta da Giovanni Herschel; che così, col suo *Southern Ocean* od « oceano meridionale », veniva a formarne sei delle grandi divisioni oceaniche.

Sotto un altro punto di vista, cioè sotto quello dei movimenti marini, l' oceano puossi considerare diviso appena in tre parti, cioè in quelle che son segnate pure dalla triplice morfologia dei continenti, sulla quale ci siamo già a lungo trattenuti. In tre sistemi soltanto di correnti, cioè in quelli del Pacifico, dell'Indiano e dell'Atlantico, puossi scompartire la grande dinamica oceanica con una veramente ammirabile semplicità di effetti, corrispondente in questo caso alla semplicità delle cause che li producono. E analogamente così ne riuscirebbero tre massimi oceani, aggregando l'Artico all'Atlantico, e scompartendo l'Antartico fra l' Atlantico, il Pacifico e l' Indiano, secondo tre linee che risulterebbero dal prolungare idealmente sino al polo quei tre meridiani divisori che imaginammo partire dalle estremità meridionali dei tre continenti.

Ad onta di tante eccezioni, la divisione dèll'oceano fissata dalla società geografica di Londra, quarant'anni addietro, allorchè cioè della morfologia degli abissi oceanici si sapeva ben poco, nè si possedevano idee giuste e complete nemmeno sulle correnti marine, tuttora prevale nel mondo geografico ed è di preferenza accettata, sì perchè si presenta assai semplice e facile a fissarsi e a riscontrarsi colle principali linee che costituiscono la fisonomia generale del globo, sì perchè ha fatto posto pure a quelle divisioni e denominazioni, che già da un pezzo erano entrate nel dominio della coltura universale.

Non meno difficile e mal sicura è la ulteriore divisione dell'oceano in parti minori, sia che queste penetrino più o meno profondamente fra le terre, sia che siano segregate da fughe di isole, sia che meritino ed abbiano assunta una denominazione distinta per caratteristiche speciali di colore, di profondità o consimili. Col nome di *mare* (1) si designa qualsiasi parte d'oceano, senza distinzione di grandezza, poichè talvolta siffatto vocabolo diventa sinonimo di oceano (mar Pacifico, mar Indiano), tal'altra si adopera per designare porzioni oltremodo limitate ed esigue, com'è il caso del « mare di Taranto » ed anche persino, con strano, ma antichissimo abuso, nel senso di lago o di palude (mar Morto, mare d'Harlem). Parimenti, in molti casi, esso si usa promiscuamente colle voci *golfo* e *seno* o colla voce straniera *baia*, oramai essa pure naturalizzata italiana, assieme a quella di *fiord*, che però si riserva a designare una determinata forma di golfi. Nè criterio sicuro si conosce nell'adoperare alcuni altri vocaboli spettanti alla nomenclatura marittima, come quelli di *canale*, di *stretto*, ai quali nei mari italiani spesso si sostituisce le voci *faro* o *bocca*, come nel settentrione quelle di *strasse*, di *sund* e di *belt* e nella lingua classica quella di *bosforo* (1). Nessun criterio di dimensioni fu assunto, nè sarebbe conveniente di assumerlo, per determinare l'uso di uno o di un altro fra tali vocaboli, che forse soltanto in

(1) Alla voce italiana *mare* corrispondono il *mare* dei latini, il *maru* del sanscrito, il *mer* dei francesi, il *mar* degli spagnuoli, il *meer* e il *see* dei tedeschi, il *muir* degli irlandesi, il *marei* dell'antico gotico, il *marcos* e *mare* dei lituani, il *morje* dei russi e il *more* degli albanesi, il *sea* degl'inglesi, il *zee* degli olandesi, il *sö* e l'*hal* dei danesi, il *saltsiö* degli svedesi, il *thalassa*, il *pelagos* e il *pontos* dei greci, il *nahr* o *bahr* degli arabi, il *bahar* degli abissini, il *darja* dei persiani, il *deriz* dei turchi, il *tenghir* dei tartari, il *vesi* dei finni, l'*hai* dei cinesi, l'*umi* dei giapponesi, il *tat* o *telaga* degli abitanti delle Molucche, il *neda* degli accà ecc.

(1) Il Guthe-Wagner distingue i più ampli (*Seestrassen*) dai minori (*Meerengen*) e più angusti stretti. Ecco quali sono le larghezze *minime* dei principali canali o stretti del globo, secondo tale fonte (Vol. II., pag. 39 e 40).

Canali (Seestrassen)

	Chil.
Della Florida	222
Dello Jucatan	200
Della Corea	168
Di Fuchian	140
Di Tunisi	140
Di Hudson	111
Di Bering	92
Di S. Giorgio	77
Di Otranto	71
Di Ormus	63
Di Cara	38
Di La Perouse	37
Di Bab el Mandeb	37
Di Calais	32
Della Sonda	25
Del Nord	20
Grand Belt	16
Di Malacca	15
Di Gibilterra	14
Bocche di Bonifacio	11

Stretti (Meerengen).

Di Kertč o Jenicale	4
Faro di Messina	3.5
Sund di Copenhagen	3
Di Magellano	2
Dei Dardanelli	2
Piccolo Belt	0.6
Bosforo o str. di Costantinopoli	0.5

Quanto al faro di Messina, le nostre misure ci diedero una minima larghezza di 3050m. Cnfr. a pag. 258 di quest'opera. Vedi poi la nostra fig. 406.

Digitized by Google

qualche caso possono esser preferiti in base alla forma speciale del bacino ch'essi sono destinati a designare o alla posizione sua, ovvero ancora alla natura dei limiti che lo contornano.

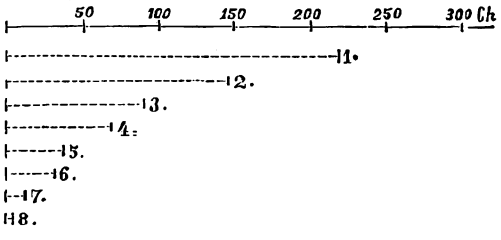


Fig. 406. — Larghezza proporzionale di alcuni fra gli stretti o i canali più importanti del globo: 1. Della Florida; 2. di Tunisi; 3. di Bering; 4. di Otranto; 5. di Bab-el Mandeb; 6. di Calais; 7. di Gibilterra; 8. di Messina.

È sopra un criterio press'a poco di questo genere che il dottor Krümmel ha basato la sua recente divisione degli oceani e delle loro parti. Per lui vi sono tre soli *mari indipendenti,* (selbständige meere) od *oceani aperti,* cioè l'Atlantico, il Pacifico e l'Indiano, e ad essi fan capo tutti gli altri, ai quali perciò giustamente s'attaglia il titolo di *mari dipendenti* (unselbständige meere). Non è difficile rilevare la loro dipendenza dai maggior oceani, sia per la forma del collegamento con questi, sia pel contegno delle correnti, per le circostanze della temperatura, della natura chimica dell'acqua e consimili. Seguendo attraverso le epoche geologiche del globo la storia di quelli ch'eran un tempo mari dipendenti da certi oceani, non riesce difficile riconoscerne alcuni (e noi ne facemmo qualche cenno) a poco a poco ridotti in mari interni, poi in laghi e da ultimo anche in pianure, sovente salate e deserte.

Non tutti i mari dipendenti presentano le stesse forme e le stesse circostanze. Epperciò la ulteriore divisione del Krümmel in *mari mediterranei* od *interni* (mittelmeere) e *mari adiacenti* o *periferici* (randmeere). Quelli, come lo esprime il nome, sono maggiori o minori masse aquee, spesso assai internate nella terraferma, nè comunicanti cogli oceani, se non a mezzo di una o più aperture, stretti o canali. A siffatta categoria appartengono il mar Rosso, il golfo Persico e il Baltico, il Mediterraneo, propriamente detto, o Romano, tanto quanto il doppio Mediterraneo Americano (golfo del Messico e mare Caraibico), il mar glaciale Artico, e il mare Australasiatico. Mostrano essi per ordinario notevoli profondità (qualora se ne eccettui il Baltico) e copia di isole, e (anche stavolta eccettuandone uno, l'oceano glaciale Artico), rappresentano i mari più importanti nella storia della civiltà.

Alcuni di questi mari veramente non si trovano appoggiati ai continenti da tutto un lato, talchè, interrotti come sono, presentano tutta l'apparenza di *mari di transito* (durchgangsmeere) fra due masse oceaniche maggiori. Il mare Artico e l'Australasiatico presentano spiccata questa caratteristica e, ciò che è curioso, anche gli altri due mediterranei, il Romano e l'Americano, in un'epoca geologica non molto antica, si presentavano in una condizione analoga, quando cioè i due istmi di Suez e di Panamà non erano ancora emersi al disopra delle onde marine.

I mari adiacenti o quasi periferici si appoggiano sì alle maggiori masse continentali e alle più importanti incurvature delle loro spiaggie, ma vengono esternamente limitati e sovente frazionati da isole e da penisole. I mari spettanti a questa categoria presentano varia profondità, scarsa cioè in quelli di recente formazione geologica, quali il mare del Nord, la Manica, il mare d'Irlanda, il mar orientale della Cina (Tung-hai o « mar orientale » e Hoang-hai o « mar Giallo »), notevole negli altri, cioè nel mar del Giappone di Ochotsc, di Bering e nel golfo di San Lorenzo.

Non v'ha dubbio che la nuova divisione del Krümmel non sia basata sopra un criterio serio e scientifico e non segni un progresso nella morfologia terrestre. Tuttavia essa è manchevole in parecchi punti. Così non può assegnare un posto veruno all' oceano Antartico; così non sempre il criterio della profondità basta da solo a segnare la maggiore o minore antichità di formazione di un mare.

E come la divisione del Krümmel, che più sotto, parlando delle estensioni dei mari, esporremo partitamente, sollevò qualche obiezione; così, anche da chi l'accettò nella massima, ebbe a subire qualche modificazione. Ad esempio, il Supan conserva la divisione ufficiale dei cinque oceani come « mari indipendenti », e gli altri divide in mari « mediterranei » e « periferici », sì quelli che questi ancora divisi in « mari interni » e « mari limitati da isole ». Epperciò di « mediterranei insinuati » ve n'è uno solo, l'Europeo (o Romano del Krümmel); di mediterranei chiusi da isole, tre: l'Australasiatico, l'Americano e il mar di Bering. Di mari « periferici insinuati » sei: la baia d'Hudson, il mar Rosso, il Baltico, il golfo Persico, il golfo di California, il mar

Digitized by Google

Bianco; di « mari periferici rinchiusi da isole », cinque: il mare Orientale, quello del Giappone, quello del Nord e il mar Britannico, il golfo di San Lorenzo.

Non va poi dissimulato come sovente in questo, come in altri campi della morfologia terrestre, dei veri ed indiscutibili fondamenti per una classificazione non esistono, e i criterî sui quali essa si basa sono troppo sfuggevoli, perchè si debba essere sempre e in qualunque caso rigidamente fedeli alla divisione fissata.

Già, trattando dei continenti (1), accennammo come la superficie occupata dagli oceani sorpassi notevolmente quella occupata dalle terre; sicchè, se queste si stendono per 136 milioni di chilom. quadr., i mari presentano una estensione non inferiore a 374 milioni. Alcuni anni sono il Sydow divideva fra i varî oceani tale cifra nel modo seguente:

	Milioni di chilom	Per cento della sup. terrestre.
Grande oceano o Pacifico (escl. il mediterr. Australasiatico)	181.66	35.7
Oceano Atlantico	90.01	17.7
» Indiano (comp. l'acc. medit.)	72.28	14.1
» Glaciale Antartico	19.27	3.8
» » Artico	11.01	2.1
	374.23	73.4

Questi numeri ebbero a lungo un meritato favore; ma oggidì essi devono cedere il posto a quelli che risultano dai nuovi lavori areometrici del Behm e del Wagner.

L'area totale delle terre ammontando a 136,038,872 chilom. quad. e il totale del globo a 509,950,714, ne resta ai mari un totale di 373,911,844 di chilom. quadr. (2) o, arrotondando, 374 milioni di chilom. quadrati. Ecco poi come li divide il Wagner:

	Mil. di chil. quadr.	Per cento della sup. terr.
Grande oceano	175.6	34.5
Oceano Atlantico	88.6	17.4
» Indiano	74.0	14.4
» Antartico	20.5	3.0
» Artico	15.3	3.9
	374.0	73.2

Una semplice occhiata alla precedente tabellina (vedi fig. 407) mostra come il Grande oceano rappresenti esso solo quasi la metà della massa oceanica ed occupi oltre un terzo della totale superficie del globo. Gli altri quattro oceani,

(1) Pag. 236 dell'opera.
(2) *Die Bevölkevung der Erde*, VII, 1882.

quanto a dimensioni, si appaiano a due a due, l'Atlantico e l'Indiano da un lato, i due mari polari dall'altro. Però il solo Pacifico abbraccia una estensione di un buon quarto maggiore di tutte le terre asciutte, il solo Atlantico si stende più che tutto l'antico continente e lo stesso oceano Artico, il minore fra tutti, supera di oltre una metà la intera superficie d'Europa.

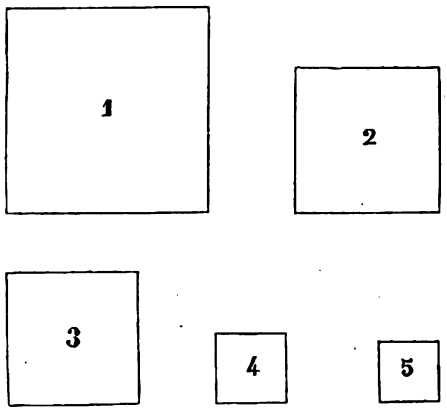


Fig. 407. — Estensioni proporzionali dei varî oceani:
1. Pacifico; 2. Atlantico; 3. Indiano; 4. Antartico; 5. Artico.

I numeri del Wagner provengono anzitutto dalla detrazione delle aree asciutte dalla complessiva area terrestre. Quelli del Krümmel, che facciamo seguire, son ricavati da misure planimetriche condotte sulle migliori e più accreditate carte marine, cioè specialmente su quelle dell'ammiragliato inglese (1). Il primo suo tentativo lo avea, a dir vero, fatto giungere a un risultato complessivo che presentava una differenza di oltre a 7 milioni di chil. quad., rispetto a quello del Wagner. Ma altre più recenti determinazioni gli diedero invece la cifra complessiva di 374, 057, 912 chil. quadr., la quale non differisce da quella del Wagner (373,911,844) che di 146 mila chil. quadr., differenza veramente trascurabile, trattandosi di estensioni così considerevoli, come quelle delle quali si tratta.

Ecco quindi i dati del Krümmel:

1. OCEANI APERTI.

	Superf. in chil. quadr.	Per cento della parte acquea
1. Grande oceano (Südsee)	161 125 673	
2. Oceano Atlantico	79 721 274	
3. « Indiano	73 325 872	
Totale degli « oceani aperti ».	**314 172 819**	84.0
4. Oceano Antartico	**20 477 800**	5.5

(1) KRÜMMEL, *Neue Areale für die Meeresräume*. in *Zeitschr. für wissenschaftl. Erdk.*, II, 1831, pag. 73.

Digitized by Google

II. MEDITERRANEI.

	Superf. in chil. quadr.	Per cento della parte acquea
5. Oceano Artico (1) . . .	15 292 411	
6. Mar Baltico	415 480	
7. Medit. Romano o proprio (2)	2 885 522	
8. » Americano . . .	4 586 174	
9. Mar Rosso	449 010	
10. Golfo Persico	236 835	
11. Medit. Australasiatico (3)	8 245 954	
Totale dei « mediterranei » .	**32 111 386**	8.6

III. MARI PERIFERICI OD ADIACENTI.

12. Mar del Nord	547 623	
13. Mare Britannico (4) . .	203 690	
14. Golfo di San Lorenzo . .	274 370	
15. Mar Orientale della Cina .	1 228 440	
16. Mar del Giappone . .	1 043 824	
17. Mar d'Ochotsc . . .	1 507 609	
18. « di Bering . . .	2 323 127	
19. Golfo di California . .	167 224	
Totale dei « mari periferici. »	**7 295 907**	1.9
Totale generale	**374 057 912**	100.0

Cosicchè gli oceani aperti tengono essi soli occupati gli $\frac{84}{100}$ (che facilmente ammonteranno ai $\frac{90}{100}$, qualora si unisca loro l'Antartico) della superficie acquea terrestre; nè i mediterranei, che esercitano tanta influenza sullo sviluppo della civiltà, giungono ad avere una estensione eguale ai $\frac{9}{100}$ di tale superficie, cioè eguagliano a malapena il 6 e $\frac{1}{2}$ per per mille della intera superficie pel globo.

Non dissimuliamo che le cifre offerte dal Krümmel per qualcuno dei mari d'Europa non coincidono sempre con altre misure e pure accreditatissime. Così, ad esempio, lo Strelbitsky assegna al Mediterraneo, compreso il mar Nero, in numeri tondi, 2,940,000 chil. quadr.; al mar Bianco 84100 chil. quadr., tacendo delle differenze segnate pel Baltico e pel mare del Nord e che provengono dall'includere nell'uno e nell'altro di questi mari i canali scandinavi del Cattegat e dello Scaggherac. Questo ci scusi, se talvolta potremo allontanarci alquanto, nell'esporre le aree, dalle misure ora accennate.

(1) Inclusavi la baja d'Hudson con 1,069,578 chil quadr. e il mar Bianco con 72,545 chilom. quadr.

(2) Inclusovi il mar Nero.

(3) Comprende i vari tratti marini dell'arcipelago delle Indie orientali fino allo stretto di Torres e al golfo di Carpentaria, e quindi i bacini interclusivi di Banda, Celebes, e Sulu; il mar della Cina meridionale col golfo di Siam, e quindi in complesso si stende fra i paralleli 15° di latit. S e 24° N. e tra i meridiani 100 e 140° E. da Greenwich.

(4) Comprende la Manica, il mar d'Irlanda e il canal di S. Giorgio.

Ciascuno degli oceani presenta nella esterna morfologia caratteristiche speciali e distinte. Il grande Oceano ha quasi la forma di uno sterminato bacino, al quale fan contorno e corona tutti e tre i continenti.

Presso l' equatore, o meglio a 5° di latit. settentrionale, esso s'espande fra la Colombia e le Filippine per oltre 17500 chilom., la stessa distanza che separa il capo Horn dalla estremità meridionale del Camsciatca; ma, mentre a tramontana va rapidamente avvicinando le proprie costiere, a mezzogiorno le mantiene sempre a una notevole distanza una dall'altra. Così a 35° N., sulla linea da S. Francisco di California a Tochio, in Giappone, la sua larghezza è già ridotta ad 8500 chilom., mentre a 35° S., sulla linea fra Valparaiso e Sydney, essa è ancora di 12600 chilom. E parimenti, procedendo ancora a settentrione, le costiere si ristringono davvantaggio, e la profondità scema analogamente, finchè nello stretto di Bering, fra il capo Orientale della penisola dei Ciutci e la punta Barrow nell' Aliasca, non intercede una distanza maggiore di 92 chilom., nè una profondità maggiore di 50 metri. Invece, a mezzogiorno, la linea che si tirasse a congiungere la Tasmania al capo Horn è ancora lunga non meno di 6200 chilometri.

Diversissima poi è la struttura delle due opposte costiere: procedendo compatta ed uniforme la orientale, lungo la quale si nota un solo golfo internato, quello di California, pochissimi golfi aperti, come quello di Panamà, e soltanto all'estremità boreale ed australe una serie di fiord e di piccoli frastagliamenti litorali; svolgendosi rotta, ineguale, a sporgenze e rientranze, la costiera orientale, le cui molte insenature vengono rese ancor più numerose dai copiosi arcipelaghi, dai cordoni insulari e da quegli stessi rilievi subacquei, che la disposizione di alcune isole rivelava e che i recenti scandagli confermarono. Del resto, nè il nome di « mar del Sud », attribuitogli da Balboa, che nel 1513 lo scorgeva stendersi sconfinato a mezzogiorno dell'istmo di Panamà, nè quello di « Pacifico », impostogli da Magellano nel 1521, gli convengono tanto quanto

Digitized by Google

quello di « Grande oceano », che come vedemmo, gli attribuiscono i geografi e che veramente corrisponde alle sterminate sue dimensioni.

In pieno contrasto con esso si presenta l'Atlantico. Poverissimo d' isole e ricchissimo di fiumi tributarî, più che di un bacino, esso ha sembianza di un grande canale, che scorra tra sponde ora simmetriche, ora, e più spesso, corrispondenti fra loro, in modo che alle rientranze di una fra le costiere fan riscontro le sporgenze della costiera opposta. La sua massima larghezza di 8300 chilom., corre lungo il 25° parallelo di lat. settentrionale, fra il capo Bojador nell' Africa e Matamoros nel Messico; ma da quel punto esso va restringendosi, tanto verso settentrione, dove fra il capo Farewell e la Norvegia, lungo il parallelo 60°, la distanza fra le sponde opposte riesce minore di 2800 chilom., quanto verso mezzogiorno, dove una larghezza di circa 2950 chilom. è segnata da una linea obliqua fra i 5° N. e i 5° S., destinata a congiungere l'estremità del capo San Rocco nell' America meridionale colla città di Monrovia sulle coste africane della Liberia. Fra il capo delle Agulhas e le foci della Plata abbiamo di nuovo una discreta larghezza, non inferiore a 6850 chilom., ma, laddove l'Atlantico, secondo la divisione ufficiale, comincia ad avere per limiti due meridiani, cioè fra i capi Horn e delle Agulhas, corrono soltanto 4000 chilometri. Anche fra il Portogallo e la Florida non intercede minore distanza di 6500 chilom., che potrebbe arrivare a forse 10000 chilom., aggiungendovi quella dell' intero Mediterraneo, e ad 11500, misurando la totale distanza dall' estremità orientale del mar Nero alla occidentale del golfo del Messico.

Nell' Atlantico, meglio che nel Pacifico, si designano alcune divisioni, segnate dalla morfologia superficiale dei continenti come da quella subacquea del fondo oceanico. Così l'Atlantico settentrionale presenta il più ricco frastagliamento di coste che si conosca, ed è segregato dal meridionale non soltanto per l' avvicinamento notato fra capo San Rocco e l'Africa, ma altresì per quell'acrocoro, che appunto si solleva dal fondo poco lungi dal capo San Rocco, e ch'è noto sotto il nome di « rialto intermedio » o « di congiunzione » fra quelli « del Challenger » e « del Dolphin » (1). Fra i varî mediterranei e i mari periferici, che l'Atlantico settentrionale forma, notevolissimi sono l' Americano e il Romano, che permettono all'Atlantico di penetrare profondamente fra i continenti, dove siffatto suo insinuarsi è fecondo di importantissimi effetti. Quattro grandi aperture collegano l'Atlantico all'oceano Artico: 1) il canale d'Hudson, largo poco più di 110 chilom., che conduce agl'infiniti e problematici anfratti del passaggio Nord-ovest; 2) il canale di Davis, largo forse 370 chilom., e che prosegue colle diramazioni del Lancaster sund „ dello Smith sund e dei canali di Kennedy e di Robeson, diretti, quasi tentacoli, a penetrare nell' arcipelago Artico; 3) il cosidetto « canale di Danimarca » interposto fra l'Islanda e la Groenlandia e largo 240 chilom; 4) finalmente, più ampia di tutte (1500 chilom.), la vasta apertura interposta fra l'Islanda e la Norvegia, e interrotta dalle Faröer e dalle Shetland.

Uniformi e poco accidentate, le costiere dell'Atlantico meridionale richiamano alla mente quelle del Pacifico orientale, e si contrappongono decisamente col loro monotono procedere, colla loro eccezionale povertà di isole, al frastagliamento ora accennato. Salvo un grande estuario, quello della Plata, e un gran golfo aperto, quello della Nuova Guinea, appena meritevole di tal nome, qui alcuna insenatura non interrompe la regolarità delle linee costiere.

A primo aspetto, l'Indiano (1) ha l'apparenza di un mezzo oceano, dacchè, mentre gli altri si estendono nel senso delle latitudini per 135°, esso, secondo la delimitazione ufficiale, si allunga colle sue maggiori insenature nello stesso senso per circa 90°, cioè dal circolo polare antartico al tropico del Cancro e soltanto colle diramazioni più settentrionali arriva al 30° N., cioè ad avere, quelle comprese, un' estensione di 97° in latitudine. Il nome, e lo vedemmo, n'è antichissimo; ma la fama d'essere oceano aperto n'è relativamente recente, perchè l'idea espressa da Ipparco e da Tolomeo, ereditata dagli Arabi, e secondo la quale l' Africa australe volgeva la propria costiera a levante raccostandola e da ultimo congiungendola all'estremità meridionale di Malacca, la « penisola aurea », dominava ancora nel secolo XV, con grave danno delle scoperte geografiche. A greco, una corona di isole, varie per dimensione, congiunge a guisa d' anello le masse

(1) Cnfr. Le nostre **Tavole XVIII e XIX.**

(1) KRÜMMEL, *Tiefen-Karte des Indischen Oceans*, 188 in *Zeitschr. für wissensch. Erdk.* 1881, pag. 116.

Digitized by Google

continentali, che lo serrano a settentrione e a levante; ma le maglie della rete son rotte in parecchi punti: principali lo stretto di Malacca, di Sonda e gli scogliosi mari di Timor e di Arafura. Non esteso a tutte le plaghe dell'orizzonte come il Pacifico, non sviluppato in lungo e contorto canale come l'Atlantico, l'Indiano non ha la povertà di grandi fiumi del primo, nè la povertà d'isole del secondo. Limitato da costiere uniformi a levante e a ponente, e da una linea convenzionale geometrica a mezzogiorno, le sue maggiori accidentalità si notano a settentrione, come la copia maggiore di isole, tra ponente e maestro. La sua massima larghezza non corre fra le costiere d'Africa e d'Australia, fra le quali a circa 11° di latit. merid., si stende una larghezza di 9500 chilom., e a 32°, cioè fra la estremità SE dell'Africa e il capo Leuwin in Australia, quella di circa 8100 chilom.; ma sì fra i meridiani convenzionali, che ne segnano i limiti e fra i quali, a mezzodì del Capo e della Tasmania, corre una distanza non inferiore a 11100 chilom. Invece, alla sua estremità meridionale, cioè lungo il circolo polare, la sua larghezza non raggiunge i 5000 chilometri.

L'oceano glaciale Antartico (1) negli studî geografici è venuto a poco a poco a sostituire quella « Terra australis nondum cognita », che nella mente dei viaggiatori e dei cosmografi convenzionali doveva involgere il polo australe, formando contrapposto ed equilibrio alle masse continentali artiche (2). Che se le non frequenti esplorazioni, compiute sulla fine dello scorso e in tutto questo secolo, in quella regione, permettono di fortemente dubitare della esistenza del sognato continente, ciò non toglie che quivi una calotta sferica, estesa forse 18 milioni di chilom. quadr., e sulla quale

Stat glacies iners
Menses per omnes,

non sia totalmente sottratta alla scienza, sotto le nebbie dense, sotto l'uniforme mantello di neve e dietro le gigantesche muraglie di ghiaccio, contro le quali andarono a battere inesorabilmente tutte le navi dirette ad esplorare la desolata regione. Ond'è che non si può parlare nè di una divisione, nè di una morfologia, nè di una geografia fisica dell'Antartico. Certo è che sul meridiano della Nuova Zelanda il mare di Ross si spinge fino al 78°.10′ (Ross, 1841-42), e fin presso ed anche oltre il 70°, sempre per acqua, penetrarono il Moore, il Bellinghausen, il Morell e il Cook, anzi il Weddel, lungo il 40° di long. occid. da Greenwich, fino al 75°. Ma quella distesa d'acque, che in triplice guisa si rannoda ai tre massimi oceani, non prosegue continuata, chè la interrompono a sud della Nuova Zelanda, la terra Vittoria, segnalata da lungi per quelle sue notevoli vette vulcaniche dell'Erebus (3768^{m}) e del Terror (3317^{m}); a sud dell'America la terra di Alessandro e quella di Graham, la quale, spingendosi al 62° S., rappresenta la più ardita sporgenza delle terre antartiche; a sirocco dell'Africa, la breve terra d'Enderby, e finalmente, a mezzogiorno dell'Australia, un cordone incerto di promontorî e di coste, che si sogliono designare col nome collettivo di terra di Wilkes.

L'oceano polare Artico (1), il massimo fra i mediterranei, secondo il Krümmel, bagna le coste settentrionali dell'America, dell'Europa e dell'Asia, ricco d'isole e di accidenti lungo quelle due prime parti del mondo e laddove si congiunge all'Atlantico, uniforme e interrotto lungo le costiere orientali dell'Asia, le occidentali dell'America ed il tratto che più lo avvicina al Pacifico. In quest'ultimo tratto, è appena se, fra i ghiacci compatti o galleggianti che lo coprono quasi costantemente, affiorano le isole della Nuova Siberia e la terra di Wrangel, nè, tranne la incurvatura, che conduce allo stretto di Bering, vi si riscontra seno veruno. Invece a ponente di esso, il capo Celjuschin si spinge a 77°.40′ e, poco dopo, il golfo d'Obi si sprofonda sin oltre i limiti del circolo polare, il mar Bianco fin sotto il 60°, e daccapo in America la Boothia Felix sporge a 72°, mentre la prossima baja d'Hudson s'interna fino a 51°, sempre di latitudine settentrionale. Ma qui, oltre che dalle insenature delle coste, il frastagliamento dell'oceano proviene dal numero infinito d'isole, di arcipelaghi, vari di figure e di grandezze, che s'inseguono e s'aggruppano nelle forme più bizzarre, e che rendono possibile una suddivisione di quelle acque in mari minori. Da ciò i nomi di mar

(1) Vedi anche la nostra **Tavola XI, Le calotte polari.**

(2) Cnfr. fra altri molti, PENNESI, *Le spedizioni alle terre antartiche* in *Bollett. della Soc. geogr. ital.* 1883, pag. 633, 730,801; — NEGRI CRST., *I passati viaggi e l'ideata spediz. ital.*, id. 1880, pag. 368, e fra le carte quella disegnata da G. BOVE col titolo *Carta dell'oceano Australe secondo* R. KIEPERT, stesso *Boll.*, 1880. pag. 293.

(1) Vedi la carta delle *Regioni polari artiche* per G. PENNESI, in *Boll. della Soc. geogr. ital.*, settembre 1882.

Digitized by Google

di Cara, tra il continente asiatico e la duplice isola della Nuova Zembla; di mar di Barendz fra questa, la Norvegia, la penisola di Cola e gli arcipelaghi delle Spitzberghe e di Francesco Giuseppe; di mar di Groenlandia, fra questa terra, l'isola di Jan Mayen e le Spitzberg; di canale di Danimarca fra la Groenlandia e l'Islanda; di canale di Davis e di baja di Baffin, fra la Groenlandia ancora, da un lato, e le terre del Cumberland, di Baffin, del principe Guglielmo, e del Devon settentrionale dall'altro; finalmente la copia di nomi che esige l'intricato labirinto di isole, di canali, di golfi, di fiord, chiamato « arcipelago Artico » ed esteso fra le foci dal Mackenzie e la Groenlandia.

È curioso che, per quanto si cerchi, due sole volte in tutto il suo circuito l'oceano Artico raggiunge il circolo polare in due punti diametralmente opposti, e ciò avviene sotto il 10° E. di Greenwich, meridiano che rasenta a ponente lo Spitzberg e raggiunge lo stretto di Bering. Lungo questa linea, non mai, a quanto si sappia, interrotta da terre, la massima estensione dell'oceano Artico raggiunge adunque i 5350 chilometri. Invece una retta mediana, veramente assai interrotta da terre e condotta fra il fondo della baia d'Hudson e quello della baia di Taymir (75° 30′ lat. N.), cioè costituita dal meridiano 80° O, e dal suo antimeridiano, il 100° E. da Greenwich, presenterebbe una lunghezza di circa 5950 chilometri. È naturale del resto che nè il piccolo lembo del golfo d'Obi, nè l'intero mar Bianco, nè la considerevole estensione della baia d'Hudson, che si spingono a mezzogiorno del circolo polare, possonsi, per rigore di sistema, staccare dall'oceano Artico. Per i due primi non sarebbe consentito un tale distacco della nessuna comunicazione di quei fondi di seni con altri oceani; per tutti e tre dal carattere decisamente polare della loro natura e dalla barriera di ghiaccio, che per tanti mesi dell'anno li separa decisamente dall'Atlantico, col quale pur la baia d'Hudson, mediante il canale omonimo, comunicherebbe.

L'oceano glaciale Artico non è un'incognita così oscura come l'Antartico. Mentre in questo la massima latitudine raggiunta supera di poco il 78°, ancora nel 1827 il Parry in islitta si spingeva a settentrione delle Spitzberghe fino all'82°45; l'americano Kane nel 1854, nello Smith sund raggiunse l'81°; un altro americano, l'Hayes nel 1861, l'81°20′; la spedizione inglese comandata dal Nares nel 1875-76 lungo il canale di Kennedy e di Robeson, con nave o colle slitte (sotto la direzione del Markham) fino all'83° 20′; la spedizione austriaca comandata dal Payer e dal Weiprecht nel 1874 fino all'82°5′, nell'arcipelago poco prima scoperto e denominato di Francesco Giuseppe; finalmente la recentissima spedizione americana comandata dal Greely nell'agosto 1882 fino all'83°25′ all'isola Lockwood, presso la baia di Lady Franklin. D'altra parte il Mac-Clure tra il 1850 e il 1853 chiudeva felicemente la serie di molte fortunose esplorazioni scoprendo il « passaggio Nordovest » e il Nordenskiöld nel 1878 e 1879, con presago ardimento, traversava l'oceano Artico, movendo verso levante e così raggiungendo lo stretto di Bering, per una strada, che sarà ormai la preferita, almeno da chi miri raggiungere le foci dei grandi fiumi asiatici. Che, con tanti guadagni, tutto sia scoperto intorno all'oceano Artico non è giusto asserirlo: rimangono ancora importantissimi problemi da risolvere, fra gli altri quello del « mare libero » da ghiacci, supposto, intravvisto, contestato, negato, ma tuttora sul tappeto; rimangono ancora moltissimi altri quesiti geografici e meteorologici, ad alcuni dei quali soltanto risponderà la recente impresa per cui intorno a quel mondo misterioso si elevò una corona di vedette, (non meno di 12 osservatori meteorologici) alle più alte latitudini possibili (fra 62°30′ e 81°20′) collo scopo di spiare anche le minime vicissitudini fisiche di quelle tristi regioni (1).

Le rigide asprezze del clima, le tenebre onde sono avvolte per lunga serie di mesi, l'assoluta assenza di ogni prodotto che compensi l'audace diretto ad impadronirsene,

(1) Ecco l'elenco di quelle fra le stazioni metereologiche polari, che già erano fondate alla fine del 1882.

Stazione	Latit. N.	Long. da Greenw.
Punta Barrow (costa N. dell'Aliasca)	71° 18′	156° 24′ O.
Forte Rae (Gr. Lago dello Schiavo)	62 30	155 40 »
Golfo di Dumberlan (St. di Davis)	66 30	66 00 »
Baja di Lady Franklin (costa E. terra di Grinnel)	81 20	64 58 »
Godthaab (costa O della Groenl.)	64 10	51 45 »
Jan Mayen (fra la Groenl. e la Norv.)	70 58	8 35 »
Spitzberghe (Baja Mossel)	79 53	16 00 E
Bossekop (costa N. della Norvegia)	69 56	23 00 »
Sodankilä (Finlandia settent.	67 24	26 36 »
Nuova Zembla (Baja Carmaculi)	72 30	53 00 »
Porto Dickson (foce del Jenissei)	73 30	82 00 »
Bocche del Lena	73 00	124 40 »

Secondo le relazioni dei reduci della spediz. Greely, la stazione del Fort Conger nella baia di Lady Franklin, dovrebbe avere la latitudine di 81° 44′ N.

Digitized by Google

danno ragione del perchè le terre polari siano tuttora in gran parte una regione misteriosa e paurosa per l'uomo, e del perchè ben poco si conosca di essa. Ma chi credesse che, come noi possediamo carte cospicue e numerose d'ogni parte del globo, così fossimo esperti conoscitori dell'oceano e dei suoi recessi, s'ingannerebbe a partito. Le stesse linee fondamentali della morfologia terrestre, quelle che segnano i confini, duraturi se non eterni, fra la terra ed il mare, ci sono note solamente in piccola porzione, cioè appena se appartengano alle più civili nazioni del globo. Che più? Nella stessa civilissima Europa una parte considerevole delle costiere nel mare medesimo, che si decanta come la culla delle più antiche culture del globo, nel Mediterraneo, o non sono rilevate, o lo sono in modo insufficiente ai bisogni dell'odierna navigazione. In tale condizione si trovavano, almeno nel 1880 (per limitarci a pochi esempi e tutti tratti dall'Europa): la costa della Lapponia dal capo Nord a tutto il mar Bianco, la costa settentrionale dell'Islanda, quella pur settentrionale della Norvegia, e quella della Finlandia, la maggior parte delle coste atlantiche e mediterranee della Spagna e del Portogallo, ad eccezione dei principali ancoraggi; la costa d'Italia da Napoli a Paola di Calabria; la costa settentrionale della Sicilia, quella della penisola di Morea, tutta la costiera mussulmana del mar Nero e l'intero mare d'Azof. Da ciò è facile quindi arguire quali e quante debbano essere le lacune altrove, se tante e così importanti si notano nei mari più noti e più frequentati del globo (1).

2. Ben più che non quello della morfologia esteriore si può chiamare studio recente e nuovo quello della morfologia verticale e subacquea dell'oceano. Nell'antichità non mancano accenni sulla profondità dei mari e in Aristotile e in Plinio; ma sono sfuggevoli e vaghi (2). E a conclusioni di peso non arrivarono nemmeno i fisici dei nuovi tempi, che volsero la loro attenzione allo stesso soggetto, il Wagner (1586) e il Reisch e il Varenio, oltr'alpe, e, prima di loro, in Italia Leon Battista Alberti e poscia il Botero e il Blancano ed altri ancora, fra quali il Riccioli, che raccoglie le ricerche di molti fra quelli che lo precedettero e se ne occupa di proposito nella sua Geografia e Idrografia riformata (1). Senonchè, nei tempi decorsi spesso ancora le menti erano dominate dal biblico « altitudinem coeli, et latitudinem terræ et profundum abyssi quis dimensus est? » per cui il mare si giudicava una voragine senza fondo (2), ovvero da concetti di convenzione, secondo i quali tanta doveva essere la profondità dei mari quanta l'altezza dei monti più elevati, mentre d'altra parte questa medesima non si conosceva. Epperciò gli studi batometrici non potevano progredire, ad onta di ingegnose induzioni dirette al fine accennato, come quelle che miravano a ricavare la profondità dal colore delle acque, o dalla distanza delle sponde, o dal tempo impiegato da un grave a raggiungere il fondo, o dal tempo finalmente impiegato dal suono di una campana che veniva ad urtare contro le roccie del fondo, per venire alla superficie. In pari tempo il bisogno di ricuperare dai gorghi marini preziosi oggetti naufragativi sviluppava da un lato l'arte del « marangone » o del « palombaro » e dall'altra forniva anche al fisico dei mezzi, che per solo oggetto di studio gli sarebbero stati negati, e che gli aprivano un nuovo campo di osservazioni e di ricerche. Così sul principio del secolo decorso si cominciano a possedere alcuni dati di profondità abbastanza attendibili, anzi le prime carte batometriche, come quella che nel 1737 il Buache pubblicava della Manica e che, come già vedemmo, è una vera primizia delle carte a curve di livello. Tuttavia le grandi profondità rimasero per un pezzo insondate, se ancora nel 1838 (3) non si conoscevano abissi maggiori di 1200 faden (2250^{m}), allorchè Giacomo Ross (1839-43) gettava uno scandaglio fra Sant'Elena e il Brasile e lo sentiva arrestarsi soltanto a 4600 faden (8650^{m}), profondità vertiginosa, che tosto venne ragguagliata alla massima vetta di cui allora si conosceva l'altezza.

Però il tempo in cui comincia un grande movimento di investigazioni in questo medesimo campo, come in quello così o ad esso attinente delle temperature marine e della natura delle sostanze costituenti il fondo del mare, è l'epoca dei viaggi del Cook, e specialmente della seconda sua spedizione, nella quale egli era accompagnato dai Forster, e

(1) Vedi il nostro **Prospetto XXXV**.

(2) l'Eschel, *Geschichte der Erdk.*, 63 ecc., 310; — Arist. *Meteor.*, I., 66.

(1) Cnfr. specialmente a pag. 213, 410 e 411 dell'opera più volte citata del gesuita italiano.

(2) Pare che in quest'ordine d'idee si trovasse anche il Marsigli, che parla del Mediterraneo come di un mare senza fondo. Cnfr. Marsigli, *Histoire physique de la mer*, Amsterdam, 1725, pag. 10.

(3) Petermanns, *Mittheil.*, pag. 84.

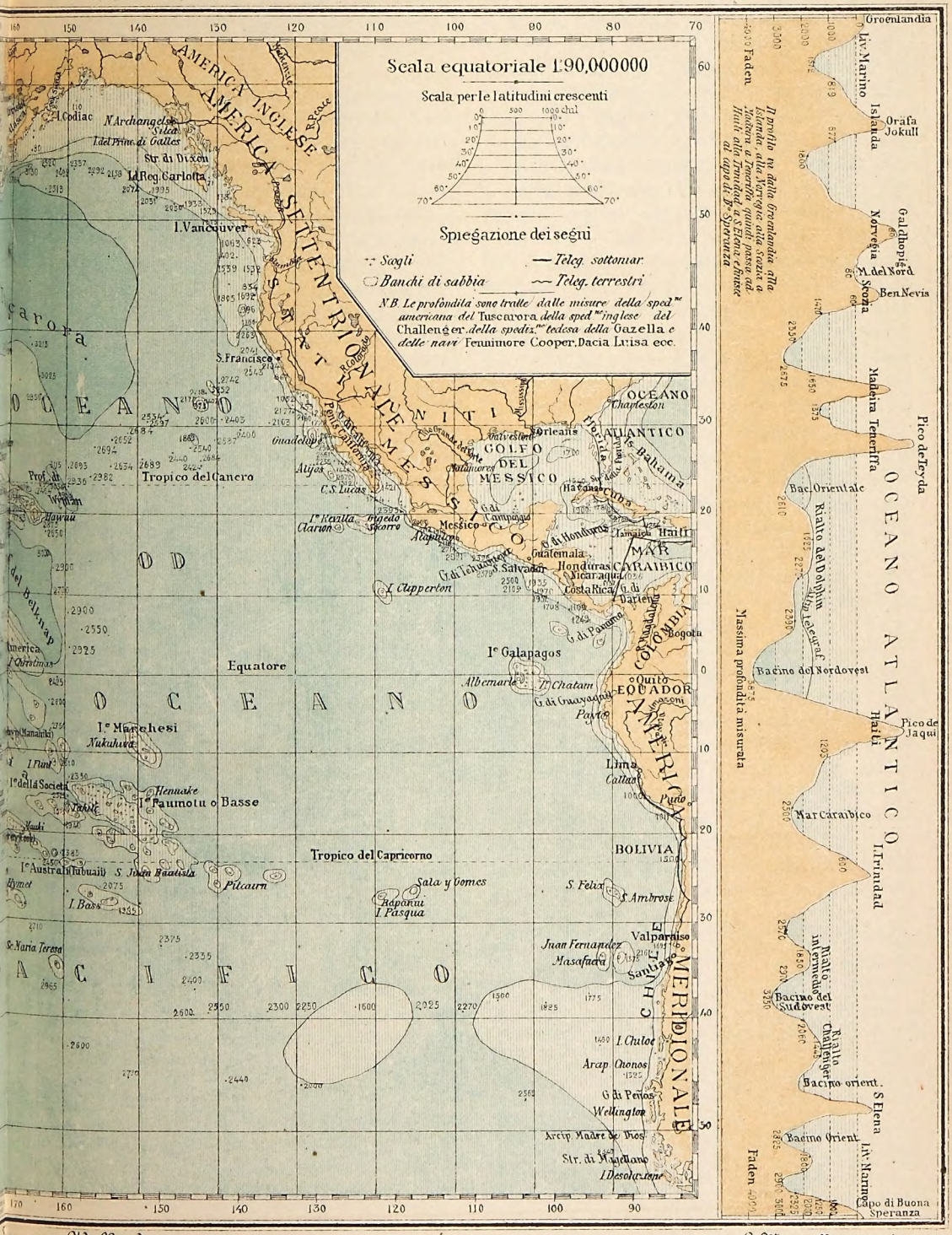
Digitized by Google

Digitized by Google

Milano, Studio Lit. P. Torati

Casa ed. Dottor F

Digitized by Google



Francesco Vallardi G. Marinelli inv. e diresse

Digitized by Google

Digitized by Google

colla quale s' inizia la serie delle grandi spedizioni marittime, che, sia mosse da mire essenzialmente scientifiche, sia a queste unendo lo scopo di colonizzare nuove terre, o di aprire nuovi sfoghi al commercio, fornite di mezzi e di personale conveniente, vennero a poco a poco allestendosi da tutti gli stati civili del mondo.

Giova tuttavia soggiungere come fu sempre un interesse economico quello che diede il più notevole impulso allo studio dei mari e della loro morfologia. Nel 1850, fra Douvres e Calais gettavasi la prima fune telegrafica sottomarina, e ad essa seguiva la collocazione di altre consimili così sollecitamente che 28 anni appresso, nel 1878, sembra fossero in funzione non meno di 569 gomene telegrafiche della lunghezza complessiva di 132000 chilometri (1). É facile poi comprendere quale enorme lavoro di esplorazione e di preparazione esigesse l'impresa di collocare le gomene, non traverso brevi zone marine, come quelle che separano Francia da Inghilterra, ma traverso gli oceani e dove le cause di rottura son così frequenti e così gravi. Allorchè si sappia come le tre linee dall' Irlanda alla Terranuova, dalla Francia alle Indie occidentali, e da Lisbona all'America meridionale esigono delle gomene, la lunghezza delle quali corrisponde rispettivamente a 3051, a 4158, e 11007 chilom., ognuno potrà farsi un' idea della copia di osservazioni batometriche che la collocazione di quelle tre gomene soltanto ha tributato alla scienza.

Ma, oltre alle esplorazioni, che per simili scopi vennero condotte a mezzo del « Dolphin » tra il 1851 e il 1856, dell' « Arctic » nel 1856, del « Cyclope » nel 1858, del « Buldog » nel 1860, del « Gannet, » della « Sophia » e del « Mercury » tra il 1868 e il 1870, altre molte se ne aggiunsero con mira quasi esclusivamente scientifica. Nè, fra la ormai numerosa serie di siffatte esplorazioni, a noi è permesso di passare oltre a quella del « Lightning » e del « Porcupine », che appunto tra il 1868 e il 1870, sotto la direzione di Wyville Thomson, Carpenter e Gwyn Jeffrey (2), esplorarono le coste dell' Atlantico e del Mediterraneo, e che non rappresentarono se non il proemio del gran peri-

(1) Scherzer, *Mittheil, über der Welthandel*, ecc. in *Geogr. Jahrb.*, XII, 1878, pag. 483. Invece sec. l' *Année géogr.* 1875, T. XIII, pag. 413 nel 1875 pare fossero immerse 206 funi lunghe complessivamente 10000 chil

(2) Thomson Wyville, *Les abîmes de la mer, récits des expeditions de dragnage des vaisseaux de S. M., le « Porcupine » et le « Lightning »* ecc., *trad. par* Lortet, Paris, 1874, Hachette.

riplo scientifico del « Challenger », corvetta ad elice comandata dal capitano Nares, e fornita di tutti i mezzi e di tutto il personale necessarî alle più esatte investigazioni naturalistiche e fisiche. Nella crociera, così compiuta attorno al mondo tra il 1872 e il 1876, il « Challenger » percorse una strada lunga 127 mila chilom., facendo nel frattempo 252 stazioni in varî punti distribuiti secondo un programma prefissato e studiato, e raccogliendo messe copiosissima e preziosa di osservazioni (1). Il voler adesso seguire, anzi soltanto rammentare, le varie spedizioni, che dietro l'esempio del governo inglese, al quale era dovuta l' impresa del « Challenger », vennero, dopo il 1870, organizzate dai principali stati marittimi del globo, allo scopo di scandagliare i fondi marini e di studiarne la fisica idrografica, ci occuperebbe spazio soverchio e ci farebbe uscire dal nostro compito. Diremo soltanto che, fra gli ultimi, a dir vero, ma pure anche l'Italia ormai ha cominciato a prender parte a tali imprese, limitamente, o quasi, al Mediterraneo, gli abissi del quale si vanno fin dal 1860 investigando per iscopo puramente ufficiale dall' Ufficio idrografico della Regia Marina, e dal 1881 per iscopo anche scientifico, come lo dimostrano le campagne fatte dal « Washington » (capitano Magnaghi) sulle coste delle maggiori isole d'Italia e specialmente su quella della Sardegna (2).

Lo studio delle profondità marittime si collega poi in modo strettissimo colla questione del livello del mare. Di questo argomento noi avemmo occasione di occuparci specialmente per quanto concerne le piccole deviazioni del livello marino dalla perfetta orizzontalità che furono rinvenute in mari diversi (3). Ma allora appena toccammo di un'altra sorta di deviazioni che il mare presenta dalla forma sferoidale geometrica, che in generale fin pochi anni ad-

(1) Thòmson Wyville, *The Challenger Expedit., The Atlantic* Vol. I e II, London, Maxmillan, 1877; - G. R, *L'Atlantique d'après les recherches faites à bord du Challenger*, in *Revue scientif.*, ecc. 1878, N. 43; — Thomson Wyville, *La géogr. phis de l'Océan*, id. luglio 1878, gennaio 1879, pag. 426; — Viguier. *Le voyage du Challenger*, id. gennaio, luglio 1879, pag. 1037: — Nares, *H. M. S. Challenger, Report* ecc. 1873: — L. A. Racchia, *Il viaggio di circumnavigazione del « Challenger »* in *Rivista Marittima*, luglio-agosto 1877; — Enr. H. Giglioli, *Il viaggio di circumn. del « Challenger »*, in « *N. Antologia* », 1878, fasc. XVI.

(2) Cnfr. *Prima campagna talassografica del R. Piroso. « Washington »*, luglio-settembre 1881, Carta unita alle *Notizie e Rendiconti del III° Congresso Geogr. Internaz. di Venezia*, Roma, 1882; — *Studi talassografici in Italia*, *Ann. Scient. ed Ind.* 1883, pag. 355; — Canestrini, *Il corallo*, già cit. a pag. 265 della pres. opera.

(3) Pag. 278 e seg.

Digitized by Google

dietro si credeva la sua superficie possedesse (1). Questo fatto proviene dall' attrazione laterale che le masse continentali esercitano sugli oceani stessi. Difatti il filo a piombo, osservato lungo le coste dei continenti, appalesa generalmente una deviazione, talvolta considerevole, dalla verticale nel senso delle masse asciutte, il che tradisce una inclinazione del livello marino nel senso medesimo e sempre vicino alle coste. Calcolando col Fischer che una deviazione di 1 secondo corrisponda a un innalzamento di 8^m, i maggiori spazî oceanici dovrebbero essere depressi nelle parti più distanti dalle coste e nelle stesse latitudini, di 700 od 800^m, rispetto ai livelli marini posti lungo gli orli della terraferma. Tali deduzioni vennero confermate dalle misure del pendolo. Le osservazioni istituite nelle isole più discoste dai continenti vi palesarono realmente più considerevole la forza della gravità che non lungo i continenti posti alle medesime latitudini, ciò che giustifica la illazione di una maggiore vicinanza al centro della Terra o, in altre parole, di un più basso livello delle isole stesse e quindi dei mari contermini, ad attirare i quali ha scarsa influenza la piccola massa ch'esse presentano. Non volendo accettare la spiegazione di questo fatto, giusta le ipotesi dell' Airy e del Faye, che ne trovano la ragione in una ineguale densità della crosta terrestre al disotto degli oceani e allo scoperto da essi, in modo siffatto che la maggior densità della materia suboceanica compensi il più esiguo spessore presentato sotto i mari dalla ipotetica crosta terrestre, oggidì rimane ancora una teoria ben plausibile e da molti accettata, cioè quella che si basa sull'idea sovraesposta delle attrazioni laterali. La quale veramente non è nuova. Anzi, ancora una quarantina di anni addietro, il Saigey e lo Stokes esprimevano lo stesso avviso e teoricamente affermavano che i varî continenti dovessero esercitare un' attrazione proporzionale alle loro masse e quindi (sempre partendo dalle dimensioni allora attribuite alle varie parti del globo) che l'Europa dovesse produrre alle proprie coste un innalzamento di 36, l' Asia di 144, l'Africa di 172, l'America settentrionale di 54, la meridionale di 76 metri. Adesso a tali effetti si attribuiscono valori più considerevoli. Così il Listing trova che il mare, alle isole Bonin, poste nel Pacifico fra le Marianne e il Giappone, presenta un livello di 1309^m, e a Sant' Elena nell' Atlantico, di 847^m più basso di quello che dovrebbe essere; mentre a Maranham nel Brasile esso si trova 567^m più alto. In generale, lungo la costa americana sembra che il rialzamento del mare presso ai continenti si debba valutare a 500^m sopra il livello teorico del geoide. Nell' Indiano pure si trovarono analoghe deviazioni. Così a Calcutta si trovò una maggiore altezza di 360^m, e a Madras di 564^m, rispetto a quella che risulta a Minicoi, una delle Maldive. Anche l'Helmert recentissimamente (1) trattò lo stesso problema, anzi tentò di risolverlo teoricamente in via generale, cioè riducendo le masse continentali in quattro centri geometrici di attrazione e quindi in quattro maggiori protuberanze e gli oceani in altrettante depressioni. Secondo i suoi calcoli, le deviazioni del geoide normale avrebbero pel continente antico, per l'America settentrionale, per l'America meridionale e per l'Australia, rispettivamente i valori positivi (in più) di 496, 392, 616 e 532^m; e per l'Atlantico settentrionale, il Pacifico settentrionale (ad est del Giappone), il Pacifico equatoriale (ad ovest di Panamà) e l'Indiano, rispettivamente i valori negativi (in meno) di 560, 371, 140 e 280 metri. Nel complesso una massima differenza fra le protuberanze e le depressioni, di 1176 metri. Senza voler accettare come assolute per ora queste cifre e nemmeno quella di 1100^m, che, secondo l'Hann, verrebbe ad esprimere per le regioni intertropicali la deviazione che il livello vero degli oceani nel loro mezzo presenta rispetto al livello dello sferoide teorico, in causa delle attrazioni locali, questo però siamo ormai costretti ad ammettere, che, cioè, quando si parla di profondità dei mari, s'intende sempre di esporre dei valori *relativi* e non *assoluti*.

A chi osserva una carta geografica, la linea nera e sottile che segna le coste può dare l'idea che quivi addirittura un salto deciso separi il continente dal mare e che questo sia raccolto in una specie di bacino a sponde diritte, quali sovente scaverebbe l'uomo che volesse formarsi una vasca. Ora, ciò non si può prendere come regola consueta. Come la forma orizzontale delle coste presenta la massima va-

(1) GÜNTHER, *Lehrbuch der Geophysik*, pag. 192 e seg.; — SUPAN, pag. 146; — LISTING, opusc. cit.; — FISCHER; *Untersuchungen über die Gestalt der Erde*. Darmstadt, 1869; — HUGUES, *Geogr. fis.*, pag. 129; — HANN, *Ueber gewisse beträchtliche Unregelmässigkeiten des Meeres-Niveau's*, in *Gaea*, 12 Jahrg. pag. 140; — FAYE, *Sur les variations séculaires de la figure mathematique de la terre*, in *Comptes rendus de l'acad.*, tome XC., 1880, pag. 1185, 1444; — SCHIAPARELLI G. V., *Dimensioni terrestri e cosmiche* nella *Natura* del 30 nov. 1884, pag 337 e seg. ecc.

(1) SCHIAPARELLI, loco citato.

Digitized by Google

rietà imaginabile, in modo da dar origine ad infinite sporgenze e rientranze e golfi e rade e seni e promontori e lingue di terra e penisole, così essa pur presenta la massima varietà verticale. Spesso avviene che la costa s'inclini così dolcemente che il suolo si prolunga insensibilmente sotto l'onda, in modo che, qualora questa mancasse, nessuno s'accorgerebbe dove anteriormente si fosse trovato il limite fra la terra e il mare. Così, ad esempio, nell' Adriatico per trovare una profondità di 46 metri bisogna allontanarsi dalla foce del Po in linea retta di almeno 90 chilom., il che dà la piccolissima pendenza di circa $^1/_2$ metro per mille; così dalle stesse coste dell'Irlanda in direzione di Galwag, per raggiungere la profondità di 350^m, bisogna allontanarsi di 300 chilometri almeno. Giova però riconoscere che tale inclinazione dei fondi marini presso le coste è maggiore di molte fra le inclinazioni che si riscontrano sovente fra le pianure o fra i bacini fluviali, da noi già esaminati ed anche delle inclinazioni dei fondi oceanici in alto mare. Così il fondo dell'Atlantico settentrionale fra Sombrero e Tenerifa sale verso oriente con un angolo di 0° 8 (0.25 per cento) e verso ponente soltanto con quello di 0°5′ (0° 15° per cento). D'altra parte si constatarono anche in mezzo all'oceano degli abissi profondi ed improvvisi, a pareti erte, tali da paragonarli a vere voragini. Di tal genere sarebbe quella già riscontrata da Fitzroy presso Abrolhos (Brasile), dove lo scandaglio calato da un fianco della nave segnava una profondità da 8 a 10, e dall'altro fianco quella di 30 o 40 metri. Secondo il Réclus, il più rapido pendio sottomarino che si conosca è quello segnalato al largo del capo Cagnaveral presso la Florida. Lo scandaglio tocca fondo in un luogo a 849^m e in un' altra località discosta dalle prime non più di 2775^m, tocca fondo soltanto a 1947^m, cioè a una profondità di 1098^m maggiore. Ciò dà un' inclinazione del 39.6 per cento, rara a riscontrarsi, come vedemmo (1), anche nei più ripidi pendii di montagna. Ma essa verrebbe superata dalla pendenza trovata dalla «Gazzella» presso l'isola Amsterdam, dove a distanza di soli 254^m dalla costa, lo scandaglio si sprofondava a 1485^m, con un pendio quasi verticale, cioè non minore di 80°. Per quanto inferiore a queste, pur notevole apparisce la inclinazione segnalata, ad esempio, presso il capo Sicie sulla costa francese del Mediterraneo, che ammonta a 3°49′, fino a raggiungere la profondità di 200^m, e fra questa e i 1000^m diminuisce a 1°41′. Diminuzione che si segnala sovente come lo scandaglio si spinga al largo. Un bell'esempio di questo genere si nota sotto il parallelo 69° lungo la costa norvegese. Ecco i dati di profondità e d'inclinazione riscontrativi, quali li prendiamo dal Supan (1):

Long. orien. da Greenwich	Profond. in metri	Inclinazione
14°47′	148	
		5°46′
14 43	439	
		3 3
14 38	616	
		4 6
14 35	759	
		9 25
14 33	980	
		3 14
13 49	2639	
		0 15
12 26	2886	
		0 4.
11 10	2939	

Al vecchio concetto di abissi oceanici senza fondo, alcuni anni or sono si erano andate sostituendo delle idee soltanto esagerate della profondità di alcuni mari. Così, per esempio, il luogotenente americano Walsh, comandante il « Taney », dichiarava di aver invano tentato di misurare in un determinato punto la profondità dell'Atlantico, anche calando lo scandaglio per 10360^m (34000 p. ingl.); mentre il luogotenente Berryman comandante del « Dolphin » non trovava fondo nel mezzo dell' Oceano, nemmeno a 11900^m (39000 piedi). D'altra parte il capitano inglese Denham, comandante dell' « Herald », in una crociera, compiuta nel 1852 traverso l'Atlantico meridionale, fra Tristan d' Acunha e l'America, s'era imbattuto in un tale abisso marittimo posto a 36°49′ lat. S. e 37°6′ long. O. da Greenwich, che lo scandaglio, secondo la sua relazione, non avea toccato fondo, se non a 14020^m (46000 p. ingl.), e nell'anno medesimo il luogotenente americano Parker colla nave « Congress » in quegli stessi paraggi, però di qualche grado più a ponente della località esplorata dal Denham, cioè a 35°35′ S. e a 45°10′ O., riscontrava la profondità veramente enorme di 15239^m (50000 p. ingl.) (2). Più avanti però il Maury, dal quale riportiamo la notizia di questi scandagli e i loro enormi risultati, avverte che ai suoi tempi le « massime profondità nelle quali si abbia toccato il fondo del mare, si trovano

(1) Pag. 318 dell'opera.

(1) Pag. 138.
(2) MAURY, pag. 337.

Digitized by Google

nell'oceano Atlantico settentrionale, e, da quanto si può giudicare dagli scandagli praticati, le profondità di quest' oceano non oltrepassano i 7630m (21000 piedi) (1) »; e nella carta idrografica pubblicata nel 1870 dal contrammiraglio Richard, della regia marina inglese, non apparisce alcuna misura maggiore di 4000 fathoms (7320m). In questo modo si veniva indirettamente a invalidare la esattezza delle misure accennate, le quali d'altra parte non avevano mancato di sollevare dei forti dubbî dovunque si conosceva la difficoltà e le molteplici cause d'errore, che circondano le operazioni dello scandaglio, e che erano ben maggiori allorchè si disponeva di mezzi embrionali ed imperfetti, come ancora 30 o 35 anni addietro.

Alcune di tali difficoltà erano e sono inerenti alle operazioni, ed esse si potranno in parte scemare, ma togliere non mai. Di tal genere è quella che consiste nel mantenere la nave costantemente ferma per tutto il tempo che dura l'operazione, e che per le grandi profondità non è breve. Sciegliamo ad esempio uno dei più fortunati scandagli, compiuti dal « Porcupine » a grandi profondità, quello che ebbe luogo il 22 luglio 1869 nel golfo di Biscaglia a 47°38′ N. e 12°8′ O. La sola discesa dello scandaglio, compiuta in ottime condizioni, richiese quasi 34 minuti di tempo, e il ritiro dell' apparecchio non meno di 2 ore e 2 minuti. Un tempo, specialmente allorchè si adoperavano corde di canape, la durata della operazione era maggiore: bisognava servirsi di pesi enormi, attaccandoli a corde troppo sottili, che non resistevano allo sforzo del ricupero e che quindi si tagliavano abbandonando così ogni mezzo di controllo della operazione, e rendendo impossibile il ricavo di campioni del fondo o delle acque profonde, e la determinazione della temperatura e di altri elementi consimili a grandi distanze dal polo d'acqua. A molte di tali difficoltà o di tali cause d'errore si ovviò, sostituendo i fili di seta, di acciaio o di rame ai soliti canapi, rendendo possibile (scandaglio di Brooke) di abbandonare il peso che trascina in basso lo scandaglio una volta che questo tocca il fondo, inventando opportuni termometri registratori capaci di sostenere delle pressioni veramente enormi, cioè da 3 a 4 atmosfere per pollice quadrato di loro superficie, riducendo la semplice sonda in draga, in cucchiaia, in rete, in bottiglia capace di raccogliere e di conservare qualsiasi materiale si voglia a qualsiasi profondità (1). Fra le difficoltà così vinte dagli accennati miglioramenti, è notevole quella della incertezza dell' istante in cui lo scandaglio tocca il fondo. In genere la velocità di discesa è grande durante le prime centinaia di metri, poi va man mano scemando col crescere della profondità (2). Nel caso

(1) I primi scandagli che permisero di ottenere saggi dai fondi marini si debbono a sir John Ross (1818). La riforma più importante per essi però fu sempre quella dell'ufficiale Brooke (1854) della marina americana.

Non potendo permetterci la descrizione dei vari apparati, rimettiamo perciò i lettori a quanto ne discorre con dottrina e conoscenza di causa A. Manzoni negli scritti citati nella bibliografia in testa al capitolo.

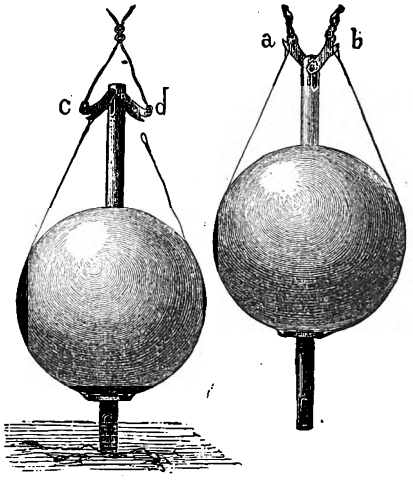


Fig. 408. — Scandaglio del Brooke.

Una sola eccezione facciamo a riguardo dello *scandaglio del Brooke*. Esso consiste in un tubo cilindrico, munito nella sua parte superiore di due bracci *a* e *b* (Fig. 408), girevoli intorno alla estremità a cui stanno imperniati. Le appendici superiori dei due bracci presentano due fori, ai quali s'attaccano due cordicelle che s'uniscono al canapo dello scandaglio, e due forcelline, alle quali stanno appoggiate altre due cordicelle discendenti, che vanno a sostenere un anello inferiore, formante una specie di bacino con foro circolare in mezzo, corrispondente al tubo cilindrico lungo il quale l'anello può scorrere liberamente. Infilzata dal tubo e sostenuta dall'anello e dalle cordicelle sta una palla da cannone (ordinariamente pesante da 25 a 30 chilogrammi), capace essa pure di scorrere lungo il tubo. Montato l'apparecchio, mentre lo scandaglio discende, i due bracci *a* e *b*, a cui sono attaccate le funi superiori di sospensione son costretti ad avvicinarsi fra loro ed innalzandosi, possono mantenere nelle forcelline le funicelle che tengono sospesi l'anello e la palla. Ma allorchè lo scandaglio tocca il fondo, avviene che il tubo arresta il suo movimento di discesa, le funi superiori si allentano, i bracci s'allargano ed assumono la posizione *c* e *d*, le forcelline si abbassano, onde ne cascan fuori le cordicelle inferiori, finalmente l'anello e con esso la palla sdrucciolano lungo il tubo. Sollevando l'apparato, la palla rimane sul fondo, mentre il tubo cavo, nella sua estremità inferiore porta seco la materia del fondo in cui venne immerso, senza che il peso della palla ormai abbandonata renda difficile il suo ricupero od esiga l'impiego di grosse corde, di molto tempo e di speciale attenzione.

(1) Ivi pag. 342.

(2) Adesso la velocità di discesa dello scandaglio si

Digitized by Google

precedente citato, ad esempio, lo scandaglio impiegava circa 50 secondi a discendere i primi 200^{m}, aveva bisogno di 66 secondi per percorrere lo stesso spazio a 2000^{m}. di profondità, e di 120 o 125 secondi alla profondità di 4500^{m}. Scendendo da ultimo così lentamente, riesciva difficile accorgersi che il fondo fosse toccato, tanto più che la corda di solito continuava a filare alquanto anche dopo che esso era raggiunto. Così, per esempio, anche nei recenti dragaggi del « Talisman » e del « Washington » non fu raro il caso che durante l'operazione la nave camminasse tanto da raggiungere profondità diverse di 300, 400 e anche più metri (1). Però l'abbandono del peso da un lato e dall'altro, la maggiore uniformità di discesa che i fili metallici procurano, diedero modo adesso di accertare bene il momento del contatto, che viene dapprima avvertito da un urto trasmesso alla mano esperta dell'osservatore, e poscia confermato dal rallentamento immediato e notevolissimo della discesa.

La sottigliezza dei fili metallici scema, ma non toglie, la causa d'errore alle misure di profondità provienente dalle correnti marine, che imprimono una deviazione alla sagola dello scandaglio. Ne nasce che questa non esprime la lunghezza della perpendicolare, ma sì di una linea, più o meno obliqua, più o meno incurvata, che congiunga la superficie col fondo. Talvolta le correnti sono così forti che, come avvenne al « Challenger » fra le Bernude e San Tommaso, possono giungere a trascinare la sagola, impedendo che la sonda tocchi il fondo e che vi scarichi il peso. In casi di correnti di grande potenza, purchè ne sia nota l'esistenza e la velocità, è possibile togliere o scemare la causa d'errore che ne deriva, istituendo un'analoga correzione sulle profondità osservate.

reputa per ogni 200^{m}, di circa 44 secondi fino a 2000^{m}, di 80 secondi circa tra 2000 e 4000, di 118 secondi circa oltre i 4000 metri.

(1) Perrier, *L'expedition du « Talisman »* in *Revue scient.*, 15 dicembre 1883, pag. 738.

In alcune di queste operazioni si ebbe, ad esempio, le seguenti profondità:

Scandaglio del principio	Scandaglio del termine	Differenza
1400^{m}	2060^{m}	660^{m}
2195	2770	575
1435	1900	465.

Vedi anche Giglioli, *La scoperta di una fauna abissale* ecc. Nella campagna del « Washington », 15 agosto 1881, alla Stazione XVII, a metà strada tra i capi Ferrato e S. Lorenzo sulle coste della Sardegna, scandagliato il fondo, si trovarono 412^{m}; ma la draga non pescò nulla. Ripetuto lo scandaglio, la profondità fu riscontrata di ben 1125^{m}.

In seguito adunque alle diligenze e ai miglioramenti accennati, il materiale batometrico raccolto quasi dovunque lungo gli sterminati spazî dell'oceano, presenta ormai un notevole valore di esattezza, e rende possibile che noi ci formiamo una idea abbastanza precisa e completa della morfologia del fondo marino. Non v'ha dubbio alcuno ch'esso non sia costituito da accidentalità orografiche, nella forma, molto analoghe a quelle che si trovano sulla superficie del globo in diretto contatto coll'atmosfera. Forse l'azione delle onde, la deposizione dei fondi, la mancanza di una idrografia fluviale rendono le linee del fondo oceanico più dolci e più tondeggianti, meno profondi gli abissi, meno acute le prominenze. Ecco perchè la nomenclatura orografica delle regioni subaeree modifica alquanto il proprio significato allorchè la si trasporta ad esprimere le accidentalità dei fondi oceanici (1). Anche qui si parla di *bacini* (becken dei Tedeschi), però nel senso di grandi depressioni, le cui parti più profonde assumono il nome di *fondi* e di *profondità* (*tiefen* dei Tedeschi, *dephts* degli Inglesi). Il nome di *abisso* (abîme, creux, senkung) è riservato più di consueto alle locali profondità poco estese. Fra bacino e bacino si stendono sovente dei *rialzi* longitudinali o *dorsi* (rücken, rise) che, se molto estesi e specialmente se estesi in varî sensi, si chiamano anche *altopiani* (plateau).

Intesi così sul significato dei pochi vocaboli che finora la morfologia oceanica, scienza tuttavia in fasce, ha dovuto creare, gettiamo un'occhiata sommaria su quanto essa ha potuto mettere assieme. Anzitutto ormai si può ritenere generalmente vera l'idea che i continenti sono circondati tutto all'ingiro da una fascia di *mare basso* (flachsee) profondo meno di 200^{m}.; cioè poco più di 100 braccia inglesi. Questa zona che si contrappone all'*alto mare* e che corrisponde in moltissima parte alla *ghirlanda dei terreni avventizî* (zone des atterrissements del d'Archiac), poichè è in essa che, manifestandosi più potente l'azione delle onde, s'accumulano e si rimescolano i detriti delle sponde e i materiali di origine fluviale, presenta varia larghezza. In qualche caso, come presso e a sirocco della Terranuova, essa si spinge fin a 400 chilom. dalla costa, o, come nel mare del Nord, occupa tutto intero un bacino marittimo, rialzandosi alle costiere opposte senza mai entrare nel dominio di mag-

(1) Conf. le nostre **Tavole XVI** e **XVII**.

Digitized by Google

giori profondità. In qualche altro caso (e ne abbiamo accennato alcuni) invece essa cessa rapidamente, e l'alto mare comincia a poca distanza dalle coste. Così, per esempio, a 56 chilom. dal golfo di San Francisco, lungo la costa della California lo scandaglio già segna una profondità di 283$^{m.}$ che diventa di 3157$^{m.}$ alla distanza di 112 chilom.; così a ponente di Valparaiso, a soli 15 chilom. dalla costa, si nota un abisso di 3100$^{m.}$ di profondità. In tal guisa, e senza pur voler dare a tale circostanza se non un valore di convenzione, il limite esteriore dei continenti si può considerare come prolungato sotto gli oceani, creando così una zona che si potrebbe dire *neutra*, qualora invece non si appalesasse il teatro e il prodotto di una lotta diuturna e tremenda fra la terra e il mare.

La profondità dei mari non cresce del resto regolarmente nè coll'allontanarsi dalle coste, e nemmeno coll'ampiezza dei mari medesimi. La massima profondità finora effettivamente misurata, cioè quella del « Tuscarora » (1874) a 44°55′ N. e 152°26 E., pari ad **8513**$^{m.}$, dista pochissimo dalla costa orientale di Jesso, una fra le isole del Giappone, e quella poco inferiore alla precedente, di 8490$^{m.}$, è a brevissima distanza da Nippon, la maggiore fra queste isole. Vicina al continente americano è anche quella profondità di 7086$^{m.}$, che fino al 1883 si riteneva massima nell'Atlantico e ch'era stata determinata dal « Challenger » nel 1873, poco lungi da San Tommaso. Adesso (cioè fin dal gennaio 1883); in quegli stessi paraggi, la nave « Blake » ha determinato due profondità di 8341$^{m.}$ e di 7723$^{m.}$; entrambi quindi superiori alla precedente e come questa prossime al grande istmo frammentario formato dalle piccole Antille. Nello stesso oceano Indiano la massima profondità che in un punto arriva a 5523$^{m.}$, determinata dalla « Gazelle » nel 1875, si trova a mezzogiorno di Sumbava, cioè vicinissima al continente australe. Tuttavia l'Indiano è finora troppo poco esplorato batimetricamente, per poter inferirne che quella che finora fu la massima profondità riscontrata, non venga messa in seconda linea in seguito alla scoperta di nuovi e più profondi abissi. D'altra parte, mentre il vasto mar della Cina non presenta profondità maggiori di 3840$^{m.}$, nel vicino mar di Celebes se ne notarono di 4755$^{m.}$, e in quel di Banda di 5120$^{m.}$ E presso le costiere americane, accanto al golfo del Messico, profondo al massimo 3875$^{m.}$, notasi il mar Caraibico, la cui massima profondità, determinata dal « Blake » nel 1880, non venne trovata inferiore a 6270$^{m.}$. Anche fra i mari Europei hanno luogo analoghi contrasti. I maggiori abissi del Baltico arrivano a 325$^{m.}$; nell'Adriatico, tanto ad esso minore per estensione, a 40°10′N. e 18° 20′ E. si nota una profondità di 1590$^{m.}$.

Il concetto sovraccennato che le massime profondità oceaniche si trovassero alla maggiore distanza dalle sponde, casca alla prima occhiata che si getta sopra una carta batometrica dell'Atlantico. La figura canaliforme di questo importante oceano, fatta spiccare così vivamente dalla descrizione entusiastica del Maury e dei suoi ammiratori, porterebbe a supporre l'esistenza di una specie di *thalweg* mediano, corrispondente alla linea di massima profondità dei fiumi e delle vallate. Al contrario, il posto che dovrebb' essere occupato da questa linea di valle è segnato qui da una specie di linea di vetta, linea non già matematica, ma larga da due a trecento e anche, in qualche caso, a mille chilometri, e tale che, cominciando a settentrione presso l'Islanda e proseguendo verso le Azorre, quasi enorme serpente si snoda per una serie di rialti successivi interposti fra le Americhe da un lato l'Europa e l'Africa da un altro, finchè probabilmente si congiunge al rialto dell'Antartico. La massima larghezza di tale enorme cresta montagnosa si nota presso le Azorre, dov'essa assume il nome di rialto « del Dolphin » (Dolphin rise) o « delle Azorre » e donde, assottigliandosi, volge verso libeccio nella direzione delle coste della Guiana.

Quivi, mentre manda verso ponente un ramo a connettersi coll'altipiano che forma la base delle Antille, dall'altra col cosidetto « rialto Intermedio » o « rialto Equatoriale » traversa obliquamente la zona equatoriale in direzione di sirocco, finchè, passata la linea, e poco a settentrione dell'Ascensione, fa un brusco gomito e col nome di « rialto del Challenger » corre diritta verso mezzogiorno, lasciando a levante S. Elena e così raggiungendo il 40° di lat. S., appena oltrepassato il gruppo di Tristan d'Acunha. Però, alquanto prima di raggiungerlo, presenta una nuova biforcazione, mercè della quale dal « rialto del Challenger » si stacca a forma di sifone una catena subaquea, che, ripiegandosi a maestro, corre verso la costa d'Africa, raggiunta fra il Cunene e l'Orange, vale a dire lungo una zona simmetricamente disposta rispetto al tropico del Capricorno. Non è da credere che questo rialto presenti l'aspetto di un basso fondo: tutt'al-

Digitized by Google

tro. Alcuni punti o isolati o raccolti in piccoli gruppi, quali le Azorre (2350^m, il Pico), o l'isola S. Paul (quasi sotto la linea), o l'Ascensione (800^m), o il gruppo di Tristan d'Acunha (2600^m) rappresentano le cime culminanti, i vertici della enorme catena, lunga forse 13000 chilometri; ma essa generalmente sta ad una profondità oscillante fra i 1000 e i 2000 fathoms, vale a dire fra i 1800 e i 3700 metri, e più vicina di consueto ai 3000^m che non ai 2000 o a minori profondità. Oltre al tempestato gruppo delle Azorre, in un altro luogo tutta questa profondità apparisce più scarsa, e cioè alla estremità meridionale del « rialto del Dolphin », fra il tropico del Cancro e il 10° parallelo e presso il 40° meridiano E. da Greenwich, laddove il rialto stesso è traversato obliquamente da una specie di giogaja il cui asse è decisamente normale a quello del grande rialto.

Non è senza importanza poi il fatto che quelle isole, che designammo quali vette culminanti della catena subacquea, le Azorre, l'Ascensione, Tristan d'Acunha, siano tutte di formazione vulcanica, poichè questo e altri fatti autorizzano a ritenere che anche l'intero rialto si debba richiamare alla medesima formazione e rappresenti una serie di coni vulcanici consimile a quella che forma le potentissime cordigliere delle Ande.

La singolare disposizione della catena di rialti subacquei e quella dei continenti contermini all'Atlantico determinano poi la formazione di tre grandi depressioni laterali, una il cosidetto « bacino Orientale » serpeggiante lungo le coste dell'Europa e dell'Africa, dall'Inghilterra fino al 33° di latitudine meridionale; le altre due occidentali e distinte coi nomi di « bacino del Nordovest, « dato a quella che si stende lungo la costiera dell'America settentrionale dalla Norvegia alle Antille, e di « bacino Brasiliano » o « del Sudovest », dato a quello che dalle foci dell'Amazzoni costeggia la costa dell'America meridionale fin oltre il 40° di lat. S. Ognuno di tali bacini si può considerare scompartito in bacini minori costituiti dalle massime depressioni, da quelle cioè, nelle quali lo scandaglio non segna mai meno di 3000 fathoms ovverosia 5500^m. Di questi maggiori « abissi » o « profondità » ne conta quattro il bacino del Nordovest, e fra esse s'avvalla più che tutte la « profondità delle Indie occidentali », dove notammo quegli scandagli di 7086^m, di 7723 e di **8341**^{m}, segnalate, la prima dal « Challenger » nel 1873, le altre dal « Blake » nel 1883, e che costituiscono le più grandi profondità dell'Atlantico. Limitatissimo per estensione è l'abisso, profondo 5944^m, interposto fra il capo Hatteras e le Bermude, mentre il più vasto tra essi è quello che prospetta la Nuova Scozia e la Terranuova, avendo il suo asse diretto da libeccio a greco. La sua profondità massima è di 6309^m, forse superata dall'incerto scandaglio di 6400^m che si segnala nell'anonima profondità che sta a sirocco della precedente, fra i 42 e i 52° di latit. settentrionale e i 31 e i 35° di longitudine occidentale da Greenwich. Anche l'Atlantico orientale presenta tre di tali abissi. I due primi, che si notano appena ad occidente delle isole del capo Verde, potrebbero considerarsi quali un solo bacino, separati come sono da un rialto profondo esso pure oltre 5000^m. Escludendo la incertissima profondità di 8595^m (4700 fathoms), indicata pel più settentrionale fra essi, la loro massima profondità cadrebbe appena a OSO. delle isole del capo Verde, circa a 12° N. e 33° O. ed equivarrebbe a 6015^m. Limitato è l'abisso che si trova a metà cammino fra S. Elena e la costa africana del Congo, e dove lo scandaglio non scende in niun luogo a più di 5600, e, secondo altri, a più di 6000 metri. Il grande « bacino del Sudovest » comprende un brevissimo abisso tagliato dal meridiano 29° e dal 32° parallelo, e dove lo scandaglio cala a 5700^m; e, a greco dal precedente, una lunga infossatura estesa nel senso delle latitudini dai 5° ai 32° S. e in quella delle longitudini appena fra 20° e 27° O. Quest'ultima presenta quasi dovunque delle profondità variabili tra 5500 e 5800^m; ma sotto il 20° (19°55'5.) parallelo e il 25° (24°50') meridiano, s'adima a 6006^m; numero che rappresenta la massima profondità fin adesso accertata nell'Atlantico meridionale.

Il quale poi è notevole per il largo tratto di « mar basso », che lascia lungo gran parte delle costiere dell'America meridionale e cioè lungo tutte, salvo che fra il capo S. Rocco e Bahia nel Brasile, presentando un maximum lungo le coste patagoniche, dove il mare interposto fra esse e le Falckland, esteso in larghezza da 300 a 400 chilom. e più ancora, e in lunghezza quasi 2500 chilom., non arriva in niun punto alle profondità di 200^m. Un rialto analogo è quello, già accennato, che si spicca a sirocco dell'isola di Terra Nuova.

Un'altra regione interessante dell'Atlantico è quella che, dopo il Maury, è nota sotto il nome di « altopiano telegrafico » e che ap-

Digitized by Google

punto, grazie alla collocazione dei cavi transatlantici, fu la prima esplorata e tuttora la meglio e più minutamente conosciuta parte dell'oceano. Essa corre propriamente intorno al parallelo 50° per 2 o 3 gradi a nord e a sud del medesimo, lungo una zona che congiunge la Irlanda meridionale e la Brettagna francese alla Terra Nuova, nè, a dir vero, merita il nome di altopiano, per essere in modo notevole rialzata sul fondo, quanto per una creduta uniformità nel suo livello, che pareva risultare dalle prime esplorazioni. Difatti, abbandonando il ripiano, sul quale si posa il gruppo delle isole Britanniche e ch'è comune ad esse come all' Europa, e raggiunto il 15° meridiano O. da Greenwich, alla latit. di 52°, e appena il 13° a quella di 50°, il fondo marino rapidamente s'adima a 3500 e più metri. Verso il meridiano 20° s'innalza alquanto approssimandosi ai 3000^{m} mercè il cosidetto « rialto del Dolphin », cioè l'estremità settentrionale della grande soglia o della linea di vetta, che separa l'Atlantico nelle due sezioni longitudinali già descritte. Presso il 20° meridiano, il suolo di nuovo s'avvalla a 3600 e anche a 4000^{m}, per rialzarsi daccapo intorno ai 3000 fra il 32° e il 40° meridiano. Qui ha luogo ancora una nuova ed ultima depressione, il cui massimo abisso, di 4830^{m} secondo gli ultimi scandagli, casca sotto il 51°9′ di latit. N. e il 40°3′ di long. O. Sotto il 46° meridiano il fondo oceanico qui sale ai 2500, e sotto il 49° a soli 1000^{m}, e quindi a profondità sempre minori, mentre ancora le distanze dalla costa di Terra Nuova sono rispettivamente di 600 e di 400 chilom. circa.

Nell'oceano Pacifico una divisione in bacini secondarî non è facile a segnarsi così nettamente come nell'Atlantico, e ciò tanto più che noi dobbiamo confessare come il suo fondo ci sia molto meno conosciuto che non quello dell'oceano di cui finora discorremmo, o per lo meno come le lacune nelle ricerche batometriche siano in esso molto più numerose e importanti. Ad esempio, in tutto l' enorme bacino che sta fra il tropico del Cancro a nord, il 38° parallelo a sud, la costiera americana ad est, e il 150° meridiano (O. da Grenwich) ad ovest, si può dire di non possedere una sola misura accertata di profondità. Parimenti una grandissima lacuna in queste determinazioni batometriche presenta quasi tutta la « depressione del Tuscarora » fra 140° e 200° long. O. da Grenwich e fra 40° e 50° lat. N. E lo stesso si potrebbe ripetere per altre sue regioni.

Quanto sappiamo sinora risulta particolarmente dagli scandagli eseguiti per la collocazione dei cavi transatlantici fra la California e il Chile da un lato, il Giappone, la Cina e l'Australia dall'altro. Quindi, a chi butta l'occhio sopra una carta batometrica del Pacifico, avviene di scorgere le quote di profondità disposte fra l'Australia, l'Asia e l'America in serie trasversali, cioè giusta le linee dei paralleli. Così una prima serie corre dall'isola Vancouver per le Aleutine e le Curili al Giappone; una seconda mira alla stessa meta, movendo da S. Francisco lungo il parallelo 36°; una terza, e più ricca che mai di quote, partendo dalla penisola di California sul 30° di latitudine e abbassandosi poscia al tropico del Cancro, segue quest'ultima linea per le Sandwich fino al gruppo delle isole Bonin e quindi ancora al Giappone meridionale; da ultimo, una quarta linea percorre il Pacifico meridionale lungo il 40° parallelo tra Valparaiso e la Nuova Zelanda, senza però attingere questa ultima meta. Altre linee oblique, come quella fra le Sandwich e Sydney, tra le Sandwich e le isole della Società, tra Sydney e la Nuova Zelanda, segnano qualche altro filo della rete batometrica del Pacifico.

D'altra parte la morfologia del suo fondo in generale corrisponde alle linee principali che si potrebbero dedurre dalla morfologia superficiale. La tempesta di isole e di arcipelaghi, che fra 30° N. e 50° S. occupa tutto il Pacifico occidentale generalmente non oltre il 150° meridiano O. da Greenwich, spingendosi verso levante fino al 120° circa, soltanto sotto il tropico del Capricorno, paleserebbe, anche senza bisogno di appositi scandagli, essere infinitamente accidentata tutta quella parte di fondo oceanico. Questo però gli scandagli ci mostrano: che, cioè, gli allineamenti delle isole della Polinesia e dei loro gruppi e degli arcipelaghi numerosissimi che vi si affollano, non sono accidentali. La direzione, in loro prevalente da maestro a sirocco, corrisponde ad una serie di basamenti subacquei, distribuiti prevalentemente nello stesso senso e interrotti sovente da altrettante infossature, pur esse parallele alla direzione dei rialti. Sembrano altrettante catene di montagne separate da valli, tutte allineate giusta l'asse generale del sistema.

Frammezzo a tali depressioni ve ne sono alcune ragguardevoli per estensione e per pro-

Digitized by Google

Digitized by Google

Lit. P. Porati Casa Edit Dottor

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

fondità, e tanto più curiose, inquantochè la complicatissima orografia del fondo dà luogo a dislivelli di 5000 e più metri a distanze di pochi chilometri. Così fra le catene insulari di Ellice da un lato e di Foenix dall'altro, discoste forse 400 chilometri, si sprofonda l' « abisso di Hilgard », largo esso pure un 150 chilom. e profondo da 5700 a 6000^{m} ed anche oltre; poscia, più avanti, e diviso dalla dalla linea equatoriale, fra il gruppo delle Foenix e quello delle isole America, s'adima ancora a 5500, 6000 e 6200^{m} assai vasto il « fondo di Miller », che non s'estende, nella sua forma irregolare, meno di 2000 chilom. in direzione maestro sirocco, nè meno di 1500 chilom. nel senso diagonalmente opposto a quel primo. Ancora: oltrepassiamo il rialto, che sporge sopra le onde le sue cime nelle isole America, e, a tramontana e a greco di questo gruppo, troveremo il « fondo Belknap », esteso obliquamente fra 0° e 20° di latitudine N., con un massimo asse di 2200 chilom. e una profondità in qualche punto non minore di 5500 e più metri. Ma esso stesso, a sua volta, non sembra se non un anello della catena di depressioni successive, che formano una specie di grande cerchio rotto intorno alla serie insulare che si stende dalle Sandwich all'isola Gange. Difatti, da un lato, il piccolo « abisso del Wyman », dall'altro quello « dell'Ammen » lo avvicinano alla immensa « depressione del Tuscarora », estesa essa sola quasi $\frac{1}{7}$ dell'oceano Pacifico, come quella che ne occupa la massima parte del bacino settentrionale. Gli abissi « del Wyman » e « dell'Ammen » non arrivano in verun punto ai 6000^{m}. di profondità, bensì la « depressione del Tuscarora », la quale presenta i suoi massimi abissi nella sua parte di ponente e di maestro, e cioè uno, di maggiore estensione, lungo le isole del Giappone e le Curili, e l'altro, più ristretto, presso le Aleutine. Il primo, di forma elittica e ondeggiante, tale da affettare quasi la figura di una sanguisuga, è il più profondo fra tutti gli abissi oceanici noti, dacchè, per lunghi tratti, lo scandaglio non vi segna meno di 8000^{m} e in un punto, come accennammo, indica **8513**^{m}, massima profondità accertata. Il piccolo abisso a figura tricuspidale, posto a greco del precedente sotto la longitudine di 190° O. da Greenwich, non arriva ai 7500^{m} di profondità.

Un'altra notevole depressione è pur quella del « Challenger », appena a levante delle isole Marianne o dei Ladroni, generalmente non profonda più di 6400^{m}; ma che nella sua parte di libeccio arriva veramente agli 8367^{m}.

A queste massime profondità di oltre 8000 e anche 8500^{m}., che si segnalarono nel Pacifico settentrionale, il meridionale non può contrapporne che abissi di 6000 o poco più metri, uno dei quali, non segnato veramente sulle nostre tavole e profondo da 5800 a 6160^{m} sarebbe stato di recente (1881) determinato dal capitano Bellknap a mezzo dell' « Alaska », a 150 o 160 chilom. al largo del Callao, presso le coste peruviane dell'America meridionale.

Qualora si rifletta come poco lunge di là s'elevino le cime delle Ande peruviane a 6 e a 7000^{m}., non può non arrecar maraviglia tale avvicinamento di abissi e di sollevamenti da ingenerare a brevi distanze delle differenze di livello di 11, 12 e anche 13 mila metri. Analogamente, poco lungi dalla voragine del Tuscarora, sorge la vetta del Fusijama o Fusinojama, che, secondo le ultime determinazioni (1), non viene ad essere più basso di 4350^{m}. Quindi, anche in questo caso, un dislivello pari, se non maggiore, di 12000 metri.

Qualora poi si verificasse la supposta esistenza di un rialto subacqueo che riunisse le isole Tuamotu o Basse alle coste del Chile, mediante i gruppi dell'isola Pasqua e di Juan Fernandez, allora nella serie di rialti ricorrentisi dal Giappone per le isole Bonin, per i gruppi delle Mariane, delle Caroline, delle Gilbert, delle Ellice, delle Samoa, delle Società e di Tuamotu, si potrebbe riconoscere una specie di riscontro del grande rialto serpeggiante dell'Atlantico, di cui tenemmo parola. Il rialto del Pacifico però sarebbe diverso dall'altro in due cose: nella direzione e nei numerosi frastagliamenti e rotture a cui è soggetto nel lungo cammino.

Avvertimmo come l'oceano Indiano sia ancora più povero di determinazioni batometriche degli oceani finora accennati. Fra il 10 e il 35° di latitudine meridionale e fra il 70 e il 110° di long. E. da Greenwich esiste un vasto quadrilatero quasi del tutto vergine di scandaglio. Quanto si conosce di esso dà l'idea di una grandissima uniformità nell'andamento del fondo, tranne in quella parte che concerne i gruppi insulari di Madagascar, delle Comore, delle Seicelli e delle isole contermini. Parimenti l'Indiano non presenta profondità molto considerevoli. Il solo abisso ch'esso possieda

(1) BEHM, *Geog. Jahrb*, V. 1874, pag. 268.

Digitized by Google

è quello da noi già menzionato e posto a maestro dell'Australia e a mezzogiorno delle minori isole della Sonda. Quivi, a 16° 11′ S. e 117° 32′ E. da Gr., la « Gazelle » nel maggio del 1875 trovò la massima profondità che venisse segnalata nell'Indiano prima del 1883, però non maggiore di 5522^{m}.

Tuttavia in quest'ultimo anno, la « Enterprise », nave degli Stati Uniti comandata dal Barker, compieva un'importantissima traversata dell'Indiano da Zanzibar, per le Seicelli e fra gli arcipelaghi delle Maldive e delle Ciagos, alle isole della Sonda, determinando la profondità di una serie di 58 punti, ed uno fra questi situato presso la costa occidentale dell'isola di Sumatra, a 4° 14′ $^{1}/_{2}$ S. e 99° 50′ $^{1}/_{2}$ E. da Greenwich, apparve profondo **5664^{m}**, cioè circa 140^{m} più di quello che ordinariamente veniva ritenuto il massimo fra gli abissi dell'oceano Indiano (1). Il rimanente di quell'oceano si può in generale ritenere profondo fra i limiti di 3500 e 5000^{m} in tutte le località alquanto distanti dalle coste. Un rialto, collegato coll'altipiano antartico sembra occuparne il fondo marino a libeccio dell'Australia, in modo da separare la grande depressione dell' Indiano da quella minore del « Jeffrey », che s'estende a mezzogiorno dell'Australia e che, a sua volta, si rannoda colla « depressione del Thomson », interposta fra l'Australia e la Nuova Zelanda. La esistenza di quest'ultima depressione, che s'adima a 4500 e più metri, come quelli degli abissi interposti fra il banco di Saya de Malha e l'arcipelago di Ciago (Chagos), fra questo e le Maldive (2), di quelli che circondano quasi d'ognintorno Ceilan (4000-4500^{m}), e finalmente di quelli che separano le Comore e con esse Madagascar dall'Africa e che presentano una profondità minima di 2834^{m} lungo la parte più rialzata del dorso subacqueo, e da 3000 a 3500^{m} altrove, — infirmano d'assai (e noi lo vedemmo), se non rovesciano affatto, le vecchie congetture di collegamenti tuttora in essere nelle ultime epoche geologiche fra quelle varie terre, e sopratutto la ipotesi della tanto sognata e discussa Lemuria (3).

Ma la povertà dei dati batometrici dell'Indiano è vinta di gran lunga da quella dei mari glaciali. Per l'Antartico la fonte principale, anzi esclusiva, alla quale noi possiamo ricorrere consiste nelle memorie di Giacomo Ross che esplorava quei mari tra il 1840 e il 1843, cioè in un' epoca della quale notammo la povertà di mezzi in siffatte ricerche. Gli scarsi scandagli ch'egli potè condurre offrono per l'Antartico al di là del circolo polare delle profondità variabili fra 350 e 1100^{m}. Invece, come ci avviciniamo all'Indiano e all'Atlantico, le profondità vanno alquanto crescendo, anzi a 62° 26′ S. e a 95° 44′ E. da Greenwich, il « Challenger » nel 1874 avvertiva una profondità, non però bene accertata, di **3612^{m}**; ma nell'assieme puossi ritenere che il fondo dell'Atlantico costituisca un vero altipiano non profondo generalmente più di 1000 o 1300^{m}, cioè adunque di una quantità diversa da quella attribuitagli dal Krümmel, che vorrebbe assegnargli la profondità media di 3300^{m}.

Grazie alle spedizioni polari, così frequenti nell'ultimo quarantennio, l'oceano Artico presenta un ricco materiale di determinazioni batometriche, limitato necessariamente alla parte esplorata e quindi meno artica dell'oceano medesimo, ma sufficente per formarci una idea della sua morfologia subacquea. Il rialto mediano dell'Atlantico prosegue a settentrione fino verso l'Islanda, dove finisce per congiungersi coll'altopiano su cui sorge quest'isola. Però l'Islanda, più che parere la sola prosecuzione e il solo termine di quel rialto, si presenta quale una specie di caposaldo di un altro ripiano che collega il continente Groenlandese all'Europa, e del quale altri caposaldi sarebbero le Färoer, le Shetland e le isole Britanniche. Forse fra la terra di Egedes e l'Islanda le profondità arrivano ai 1500^{m} se non le oltrepassano, ma il braccio orientale di questo grande istmo si può dire che non oltrepassi in niun punto della sua linea di vetta, i 650^{m} di profondità, mentre circonda di un largo tratto di mare basso l'Islanda e gli altri caposaldi accennati o sopratutto le isole Britanniche. A settentrione di quest'istmo il fondo del mare s'adima di nuovo formando l'importante bacino della « depressione del mar Glaciale (« Eismeertiefe » dei geografi tedeschi) ». Tale depressione occupa quasi tutto lo spazio compreso fra le Spitzberghe, la Norvegia, l'Islanda e la Groenlandia, e, mentre spinge una sua propaggine meridionale fin quasi al gruppo delle Färoer, può essere considerata come divisa in due altri bacini. Minore il primo, e meno profondo si nota a mezzogiorno

(1) Cnfr. i *Geog. Monatsbericht* dei PETERM. *Mittheil*, Anno 30, 1884, pag. 115.

(2) Cioè pari a 4570m secondo il Krümmel. Però gli scandagli del Barker, nello spazio di mare che divide questi due arcipelaghi, a 4° 23′ 46′ S. e 56° 18′ E. da Greenwich diedero in un punto una profondità non maggiore di 1247^{m}.

(3) Vedi a pag. 261 di quest'opera.

Digitized by Google

di Jan Mayen, maggiore e più profondo l'altro, si stende, senza limiti conosciuti, sulle poco note regioni a settentrione del 70° N. La massima profondità notata in quest'ultimo sale a **4846**^{m} (78 $^1/_2$° lat. N. e 2 $^1/_4$° long. O.), nel primo ammonta solo a 3667^m (68° 21′ N., 2° 50′ O.). Quella di 4846^m è la massima profondità riscontrata in tutto il bacino dell'oceano Artico. Il quale del resto si deve generalmente giudicare esso pure un mare poco profondo. Così, per esempio, il mare interposto fra le Spitzberghe e la Nuova Zembla, conosciuto sotto il nome di « mare di Barents », è generalmente basso, nè di consueto si sprofonda più di 200^m; tranne che a sirocco dello Spitzberghe e a levante e a maestro dell'isola degli Orsi, dove cala a 400 o 450^m. A chi guarda la bella carta delle coste settentrionali dell'Europa e dell'Asia, che venne publicata ad illustrazione del viaggio della « Vega » (1), riesce curioso il fatto della scarsa profondità di tutta la zona costiera, cominciando dal mar di Cara, dove generalmente son ben rari gli scandagli che oltrepassino i 200^m (2), e proseguendo fino al Beauforts Haf degli Svedesi e allo stretto di Bering. Durante tutto il lunghissimo percorso, scandagli profondi oltre 30 o 40^m sono di già un'eccezione, salvo forse il tratto posto alquanto a levante del capo Celjuschin, dov'essi arrivano ai 100 e 120^m e li oltrepassano. Però il mar di Cara presenta una curiosissima anomalia: appena ad oriente dell'isola Vaigaš il mare s'adima in un vero abisso profondo non meno di 730^m; e proprio là dove, per essere la parte più interna del golfo, si presumerebbe di trovare il mare più piano.

Poco profondo è parimenti il mare che circonda l'arcipelago Artico a tramontana dell'America. Uno fra i punti più settentrionali del globo finora raggiunti e veramente colle slitte (dal capitano Markham a 12 maggio 1878) è posto a 83° 20′ 26″ di lat. N. (3) e 63°. 5′ long. O. da Greenwich. La profondità del mare ivi riscontrata risultò di 132^m e poco diversi furono gli altri scandagli finora eseguiti alle più elevate latitudini. Invece nella baja di Baffin, nel canale di Smith e di Hudson e nella baja di quest'ultimo nome, come pure nello stretto di Davis, le profondità son molto più considerevoli, arrivando a 5 e a 600^m e anche, in qualche località allo sbocco dello stretto di Davis, fino ai 1400, 1600 e più metri.

Prima quindi di passare a qualche cenno sui mari particolari, ecco quali sarebbero le profondità medie e massime degli oceani, arrotondando le cifre che rappresentano le medie.

		Profond. media sec. il Krümmel metri.	Prof. massima finora riscontrata metri
Atlantico	settentrionale	3700	8341
	meridionale		6006
Pacifico	settentrionale	3900	8513
	meridionale		6160
Indiano		3300.	5664
Oceano Antartico		3300?	3612
« Artico		1500?	4846

Le medie precedenti furono ricavate direttamente dal materiale batometrico finora noto

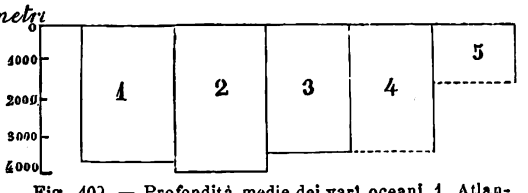


Fig. 409. — Profondità medie dei vari oceani. 1. Atlantico; 2. Pacifico; 3. Indiano; 4. Antartico; 5. Artico.

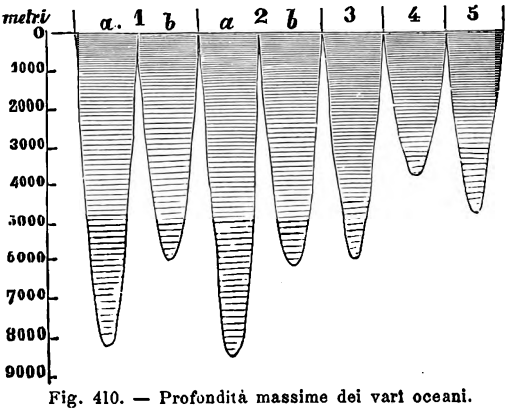


Fig. 410. — Profondità massime dei vari oceani.

1. Atlantico (*a*) settentrionale e (*b*) meridionale; 2. Pacifico (*a*) settentrionale e (*b*) meridionale; 3. Indiano; 4. Antartico; 5. Artico.

e siccome questo, per quanto aumentatoci nell'ultimo ventennio, è, come vedemmo, pur sempre limitato, esse presentano un valore tutt'altro che assoluto. Al quale proposito è d'uopo rammentare come si abbia tentato di ricavare le medie profondità oceaniche an-

(1) *Carta delle coste settentrionali d'Europa e d'Asia della Norvegia allo stretto di Bering* ecc. di N. SELANDER, Sc. media 1:4 milioni, unita all'opera del NORDENSKIÖLD, *La Vega*. Milano, Treves, 1882.

(2) Nella bella cartina, che accompagna lo scritto del prof. H MOHN, *Beiträge zur Hydrographie des Sibirischen Eismeeres, nach den Beobachtungen der « Vega Expedition »*, contenute a pag. 251 dei PETERM. *Mittheil*, 1884, il mar di Cara risulta avere parecchie depressioni più profonde di 200 faden, o di 367 metri.

(3) La recente spedizione comandata dal Greely oltrepassò quel punto, come vedemmo.

Digitized by Google

che per altra via. Così i nostri lettori già sanno (1) come un tentativo di questo genere sia stato compiuto dal Laplace in base a considerazioni teoriche sulla figura e sulla rotazione del globo e sull'altitudine dei continenti. E prima delle odierne ricerche batometriche, altri tentativi analoghi vennero istituiti assumendo a base dei calcoli la velocità di propagazione delle grandi ondate (*rollers*, rulli) specialmente prodotte dai terremoti (2). Ora, la velocità di propagazione delle onde è in un certo rapporto colla profondità, anzi in tale rapporto che sembra generalmente che le velocità stiano fra loro come le radici quadrate delle profondità. In base a questo principio si ricavarono formule diverse e si venne a risultati pure diversi (3). Così, ad esempio, l'onda prodotta dal terremoto di Simoda (nell'isola giapponese di Nippon), il 23 dicembre del 1854, impiegò 12 ore e 38 minuti a percorrere gli 8903 chilom. che separano quella città da S. Francisco di California, e gli 8680, che la separano da S. Diego, il che significa che, nel primo caso essa si mosse colla velocità di 705, e nel secondo con quella di 687 chilometri, mentre gli ostacoli erano identici. Calcolata su tali dati la profondità del mare attraversato, essa risultò al Bache di 4080^{m}; all' Hugues, colla formula dell' Airy, di 3912^{m} per l'onda di S. Francisco e di 3718^{m} per quella di S. Diego. Maggiori e più estesi studi furono compiuti nelle circostanze del terremoto di Arica nel Perù, accaduto il 13 agosto del 1868 e di quello di Iquique (Perù), avvenuto il 9 maggio del 1877; ma i risultati dei varî computi son tutt' altro che concordanti. Così, per indicare un solo esempio, la media profondità dell'oceano Pacifico, fra Honolulu nelle Sandwich ed Arica od Iquique nel Perù, in seguito a questi computi apparve

al Geinitz	eguale a	4060^{m};
all'Hochstetter	»	» 5270;
all'Hilgard	»	» 5630;
al Peschel	»	» 4258.

(1) Vedi a pag. 286 (nota) di quest'opera.

(2) Peschel, *Phys. Erdk.*, vol I, pag. 415; — Hugues; *Geogr. fis.*, pag. 152; — Günther, *Lehrb. der Geophysik*, pag. 378; — Bogulawsky, *Oceanographie*, pag. 109; — Hochstetter, *Die Erdbebenfluth im pacifischen Ocean*, in *Peterm. Mittheil.*, 1869; pag. 222 e seg.; — Geinitz, *Die Fluthwellen bei Erdbeben*, in *Gaea*, 18 Jahrg., pag. 409 e seg. e *Geogr. Mittheil.*, 1877, pag. 454 e seg.

(3) La formula dell'Airy sarebbe questa: $p = \left(\frac{v}{3.86}\right)^2$, in cui p rappresenta la profondità in piedi inglesi, e v la velocità dell'onda in miglia inglesi. La formula del Russel sarebbe: $p = \frac{v^2}{32.1908}$, in cui p (profondità) e v (velocità dell'onda) sono entrambi espresse in piedi inglesi.

Il che significa come, quantunque il principio teorico sul quale si basano siffatti computi sia giusto, la sua applicazione riesca malagevole, stante il concorso di cause che sfuggono al calcolo, tanto quanto a motivo della difficoltà di apprezzare con esattezza alcuni elementi di un fenomeno precario e poco afferrabile come quello di cui si tratta.

Dei mari interni, il più importante, cioè il Mediterraneo, per ciò che riguarda la sua morfologia sì superficiale come subacquea, si può considerare costituito da parecchi bacini successivi, quali: il mar di Sardegna, fra quest' isola e le Baleari, il Tirreno, il Ionio, l' Adriatico, il mar del Levante, l' Egeo, il mar di Marmara e il Nero. Ognuno di questi forma una depressione, una specie di cavità, limitata da un vallo, anzi talvolta da vere creste montuose, ora subacquee, come quella che unisce la Sicilia da un lato all'Africa, dall'altro all'Italia, ora subaree, come il gruppo Sardocorso, o la Sicilia, o la stessa penisola apenninica. Per quanto poi il Mediterraneo romano forse sia il più anticamente noto e certamente uno dei meglio noti fra i mari, non si può asserire ancora che lo sia abbastanza per poterne formare una buona e completa carta sottomarina, anzi c'è argomento a ritenere che nuove investigazioni batometriche dovrebbero riescire fruttuose di risultati importanti e forse inattesi. Un tempo, e prescindendo dalle stime antiquate del Marsigli e di altri, si credeva di poter riassumere il concetto della batometria del Mediterraneo, sulla base principalmente degli scandagli inglesi (1), nel modo che segue: « La media profondità del Mediterraneo è di circa 2000^{m} (2). La sua massima profondità si riscontra fra lo stretto d'Otranto (4230^{m}) e l'Africa. Ad oriente di Malta lungo una striscia di più che 160 chilom. lo scandaglio misura 4130^{m}. La maggior profondità allo stretto di Gibilterra è di 1800$_{m}$; il fondo diminuisce sensibilmente nel canale di Alborano tra la Spagna e l'Africa. Tra le Baleari e la Spagna si trovano 730^{m}. Fra Genova e la Corsica, all'altezza di Livorno, riscontrasi una profondità di 460^{m}. Bassifondi vi sono fra la Sicilia e l'Africa, ove il massimo scandaglio è di 700^{m}. La massima profondità del canale di Messina misura circa 1000^{m}. La

(1) Smith, W. H., *The Mediterranean*; Londra, 1854: — Böttger C., *Das Mittelmeer*, Leipzig, 1859.

(2) Il testo veramente dice 200^{m}, probabilmente per errore tipografico, che noi ci permettiamo di correggere.

Digitized by Google

parte superiore dell'Adriatico fin oltre Ancona ha profondità media tra 40 e 90m, la quale raggiunge il suo massimo di fronte alle bocche di Cattaro (750m.). La profondità delle acque nel canale d'Otranto è da 900 a 960m. Varî scandagli sono stati fatti fra la Sicilia e Candia (da 3200 a 4000m), tra quest'isola ed Alessandria d'Egitto (massima 2650m) e da questa città all'isola di Rodi (da 1830 a 2470m). Nell'Arcipelago, presso l'isola di Samotrace, superiormente all'imboccatura dello stretto dei Dardanelli, lo scandaglio toccò il fondo a 640m. Il mar di Marmara, presso l'isola dello stesso nome, misura una profondità di 650m (1). »

Secondo altri (2), la profondità del Mediterraneo in generale sarebbe stata di 2500m: grandi le profondità del Tirreno (da 1200 a 1600m.); tra Tolone e la Corsica di 700 od 800m; nello stretto di Messima di 177m; nell'Adriatico, fra Pescara e Lissa, di 134m; fra il Gargano e Meleda di circa 150m; tra Sicilia ed Africa un fondo variabile da 30 a 40m.

Quantunque nemmeno oggi non si possa dire di aver conoscenza completa della morfologia subacquea del Mediterraneo, sia perchè molti punti son tuttora inesplorati, sia perchè ancora non sono pubblicati tutti i risultati delle varie ricerche, cionondimeno, dopo la collocazione e ricollocazione delle gomene sottomarine, dopo le esplorazioni eseguite dall'Ufficio Idrografico della R.a Marina, lungo tutto i mari italiani, e dall'analogo Ufficio austriaco nell'Adriatico; dopo quelle del « Travailleur » per conto della Francia, del « Washington » per conto dell'Italia, dell'« Herta » per conto dell'Austria e di altri legni ancora, la scienza possiede intorno a questo mare notizie senza confronto più sicure e più copiose che non si avessero anche soli vent'anni addietro. Per noi italiani, le esplorazioni del « Washington », e in particolar modo quelle eseguite nell'81 dal Giglioli e dal Magnaghi nelle acque della Sardegna e nel Tirreno (3), presentano una importanza oltremodo grande, anche perchè dimostrarono un fatto, altamente negato dagli esploratori inglesi del Mediterraneo, cioè l'esistenza di una fauna abissale sul genere di quella che si era rinvenuta negli oceani. E ciò diciamo, ad onta che tale soggetto ci faccia per un istante uscire dall'argomento che presentemente svolgiamo.

Adesso adunque si sa che il Mediterraneo è separato dall'Atlantico mediante un enorme rialzo, una vera muraglia che costituisce il fondo dello stretto di Gibilterra, e che, se fra Gibilterra e Ceuta è ancora profonda 950 e più metri, fra i capi Trafalgar e Spartel, in genere, non supera i 300m. e soltanto lungo alcuni punti si avvicina ai 400m. Anzi la sua metà settentrionale, lungo la cresta di minima profondità, non arriva ai 100m; mentre la meridionale si vuole arrivi, lungo la stessa linea, al più a 274m. Però, a levante dello stretto, le profondità crescono rapidamente. Così a 0° 51' 40" O. da Greenw. e 37° 9' 27" N. e quindi a una sessantina di chilom. a S. di Cartagena, la « Vettor Pisani » nel 1882 segnalava 2689m di profondità, mentre è noto che una profondità di 2900m si trova a circa 70 chilom. a NNE. dalla città d'Algeri. Le Baleari e le Pitiuse sembrano posare sopra un rialto che le collega a ponente alla Spagna; ma a N. e a S. son circondate da abissi profondi da 2300 a 2450m. Notevolmente più profondo è il tratto di mare interposto fra le Baleari, la Corsica e la Sardegna (1). Qui sembra che un vero abisso si stenda fino alla costa d'Africa, fra i 5 e gli 8° di long. E., in pochi luoghi profondo meno di 2800m, anzi in un punto, lungo la linea telegrafica fra Cagliari e Bona, profondo 3656m. Anche in questi paraggi la « Vettor Pisani », a 7° 50' 50" E. da Gr. e 38° 20' 23" N., sondò 3030m

(1) MAESTRI, *L'Italia Economica* pel 1868. Firenze, Civelli, 1868, pag. 58.

(2) *Dizion. Corogr. d'Italia*, Milano, Vallardi, 1878, Vol. V. alla voce *Mediterraneo*.

(3) Vennero ripetuti incidentalmente nel 1882 e più a proposito nel 1883, e giova sperare che si rinnovino ancora.

Vedi il più volte citato *Pelagos* dei signori GIGLIOLI ed ISSEL, poi Cfr. *Terzo Cong. Geogr. internaz. a Venezia*, Vol. I., *Notizie e rendiconti*, pag. 365, Roma, Soc. geogr., 1882. — Idem. la Tavola che riguarda la *Prima campagna talassografica del R. piroscafo « Washington »*, luglio-settembre 1881 — Idem. Vol. II., *Comunicazioni e Memorie, La scoperta di una fauna abissale nel Mediterraneo*, comunicazione del Prof. ENR. H. GIGLIOLI, Roma, Soc. geogr., 1884, pag. 165 e seg. — Oltre il citato BOGULAWSKY, per quanto riguarda il Mediterraneo e l'Adriatico, ci serviamo a larga mano delle carte idrografiche della Regia Marina, e fra esse principalmente della; *Carta generale di Navigazione del Mare Adriatico, compilata sui recenti lavori della R. marina italiana e della I. R. Marina austr.* (Duca IMBERT e Cap. OESTERREICHER). Sc. 1: 1 milione, publ. nel 1878, e *Mar Jonio e Mar Tirreno, Carta generale (provvisoria) di navigaz. delle coste meridionali d'Italia*, 1878. Tutte pubblicate sotto la direz. dell'egr. capitano G. B. MAGNAGHI.

Come carte d'assieme, quantunque un po' vecchie, prendi l'*Europa* (Sc. 1: 15 milioni), che forma il foglio 15, e *Das Mittelländisches Meer* ecc., che forma i fogli 13 e 14 del grande atlante dello STIELER. Entrambe le carte sono del PETERMANN.

(1) Anche presso gli antichi si credeva che i più grandi abissi marittimi si trovassero nel mar di Sardegna. Secondo Strabone (*Geogr.* lib. I., cap. III). Posidonio riteneva che il mare ivi fosse profondo non meno di 1000 orgie, cioè press'a poco 2160.m.

Digitized by Google

di abisso. È poi curioso che, percorrendo la zona fra Sardegna e le Baleari, le massime profondità si trovino assai prossime alle coste di quella nostra isola e vadano sempre scemando a ponente. A soli 18 chilom. dalla costa dell'Asinara, a circa 41° di latitudine, si notano profondità di 2000m, che, a 41°25′ e 7°10′, arrivano quasi a 2400m.

Profondissimo pure s'adima il Tirreno. Già a poche miglia dalle coste orientali della Sardegna a 39° 41′ di latitud., lo scandaglio scende a 1500 e più metri, e profondità di 1500 e 2000m circondano a ponente e a tramontana le Lipari, divise dalla Sicilia e dalla Calabria da quasi 1200m di media e da 1000m di minima profondità. Ma il massimo abisso del Tirreno pare stia verso il suo mezzo, cioè a circa metà cammino di una linea che unisca le foci del Tevere a Palermo. Difatti in questa zona il « Washington » trovò, nel 1881, 3630m a 12° 26′ long. E. da Gr. e 40° 10 15″ N.; 3624m a 13° 10′ 38″ E. e 39° 20′ 28″ N., e, nel 1883, trovò 3580m. a 13° E. da Gr. e 39° 56′ N. (1), confermando nei due primi casi la profondità di 3700m, segnalata qualche anno innanzi dagli scandagli inglesi. Anche lungo le coste Calabresi, e in genere, napoletane, basta allontanarsi di poco per trovare abissi di 400 o 500m.

Invece nel Tirreno settentrionale il mare piano si trova anche al largo e abbraccia tutto l'arcipelago Toscano, adimandosi notevolmente soltanto fra l' Elba e la Corsica e fra quest'isola e le riviere liguri.

D'altra parte, fra la Corsica e Nizza le esplorazioni francesi del « Travailleur » nel 1881 trovarono una massima profondità di 2660m.

Anche fra Corsica e Sardegna corre una muraglia sottomarina, la cui linea di vetta, nel punto meno profondo, si eleva a soli 51m. dal pelo dell'acqua; ma poi, a destra e a sinistra, s'inabissa ben tosto agli 800, ai 1000m ed oltre.

E lo scandaglio ha parimenti dimostrato che fra l'Europa e l'Africa si stende un vero istmo, formato superficialmente dalla penisola italiana e dalla Sicilia, collegate fra loro dalla catena subacquea dello stretto di Messina, mentre un rialto congiunge l'estremità orientale della Sicilia, per mezzo di Pantelleria e del banco Skerki, alla Tunisia. Della profondità dello stretto di Messina già discorremmo. Proprio sulla linea di vetta esso non supera i 130 o 140m; ma poco a N. e a S. di tale linea si affonda a 700, ad 800 e più metri. Fra le Lipari e la costa calabrese vi sono alcuni punti profondi fin 1980m; all'altezza di Reggio, a soli 5 chilom. della costa, la profondità è di 850m; presso capo S. Alessio in Sicilia, a 8 chilom. della costa, il mare si adima a 1300m. Il mare piano a libeccio della Sicilia pare non superi i 200m di profondità fino a Pantelleria, ma fra quest'isola e l'Adventure bank da un lato e il capo Bon — il « Ras Addar » degli Arabi — dall'altro, si sprofonda un canale che il Petermann chiama « stretto Siciliano » e la cui linea di vetta non cala in nessun punto meno di 400 o 450 metri. Bisognerebbe adunque di altrettanto innalzare il fondo del Mediterraneo per congiungere l'Europa all'Africa e per ridurre il suo bacino orientale un enorme lago, al cui confronto anche il Caspio rimarrebbe eclissato.

Dalla Sicilia un altro ripiano poco profondo si spinge fin oltre Malta, accennando a congiungersi con quell'enorme acrocoro sottomarino che l'Africa proietta fino a Lampedusa, occupando con esso tutta la piccola Sirti. Fra Pantelleria e Malta però lo scandaglio scende tra 900 e 1650m; ma a levante di Malta si sprofonda daccapo un abisso paragonabile, anzi superiore, a quello del Tirreno.

Già presso le coste italiane e sicule il Jonio si mostra assai profondo, talchè sul 38° parallelo, appena a 60 chilom., si nota una profondità di 1720m; anzi nel bel mezzo del golfo di Taranto, alla lat. di 39° 50′, si notano profondità non minori di 1500 e 1700m. D'altra parte presso Corfù trovansi degli abissi superiori a 1000m. Ma i maggiori abissi si notano lungo i paralleli 35° e 36°, cioè sulla linea che congiunge Malta e Creta, e là essi raggiungono e oltrepassano i 3400 e anche i 3600m; anzi, circa a 35°5′ di latit. e a 18°8′ di long. E. da Gr., si toccò fondo soltanto a **3968m**, che, secondo il Bogulawsky, sarebbe la massima profondità pescata nel Mediterraneo, mentre pare che uno degli scandagli gittati dal Carpenter col « Shearwater », nel 1871, nel Mediterraneo orientale abbia raggiunto i 2200 fathoms, cioè i 4023m (1).

La depressione, valutata fra 2800 e 3300m, prosegue fin forse 90 chilom. a ponente di Malta, indi, di poco meno profonda, piega verso

(1) *Pelagos*. pag. 277.

(1) E. H. Giglioli, *La scoperta di una fauna abiss.* ecc. pag. 182; — *Pelagos*, pag. 206. Forse per errore tipografico, in entrambi le fonti i 2200 faden vengono ridotti a 4201m; mentre in realtà corrispondono ai 4023m da noi segnati

Digitized by Google

il 33° parallelo e cioè in direzione di Alessandria. Quivi, il cosidetto « mar del Levante », fra questa città e Rodi, presenta frequenti località profonde fra 2200 e 3000^m, mentre in genere è circondato da coste subacquee a pendìo assai forte, salvo che davanti le foci del Nilo.

Tornando alle minori pendenze del Mediterraneo, l'Adriatico (1) si presenta quale un mare pianissimo nella sua parte settentrionale, dacchè fino al parallelo delle foci padane lo scandaglio non scende in nessun punto oltre i 40^m; e, per raggiungere quella di 70^m, bisogna discendere al parallelo di Rimini (44°05′ circa di latit. e 13°49′ di long. E. da Gr.). Però il filone di massima profondità non segue il mezzo dell'Adriatico, ma si trova generalmente spostato verso levante; anzi, presso le coste dalmate e nell'arcipelago croato, non è raro trovare profondità di 96^m (nel Quarnerolo) e anche di 97^m (canale della Morlacca); di più, nello stretto canale fra l'isola Cherso e lo scoglio di Plaunich. in un punto quella di 114^m. Raggiunta la profondità di 100^m all' altezza di Ancona (43°40′ circa), si nota un primo bacino profondo al massimo 243^m e posto circa all'altezza di Lissa; poi la profondità diminuisce fra le Tremiti, Pianosa (massima 140^m), Pelagosa da un lato, e Pelagosa e Lagosta (massima 180^m) dall'altro, per salire rapidamente daccapo ad una profondità che merita il nome di abissale, qualora si consideri la ristrettezza del bacino marittimo al quale appartiene. Difatti, appena a 32 chilom. a S. di Meleda lo scandaglio segna 1000, 1100 e più metri; poscia, procedendo a sirocco, sul 42° parallelo, anche 1260, e più ancora, tanto che a 41°11′ di latit. e a 18°14′ di long. E. da Gr. si toccano i 1590^m. Il punto di massima profondità trovasi a circa 63 chilom. a NE. da Brindisi, e quindi, contrariamente alle vecchie presunzioni, a più breve distanza dalla costa italiana (a dir vero generalmente fornita di scarsa pendenza) che non dalla albanese, a 45 chilom. dalla quale ancora non si pesca più di 300 metri (2).

Il fondo dell'Adriatico quindi s'eleva alquanto avvicinandosi al canale d'Otranto, talchè all'altezza di Brindisi non presenta profondità maggiori di 777^m; mentre nel punto più ristretto del canale, fra Otranto e capo Linguetta, lo scandaglio segna 844^m, e più ancora, come si proceda verso mezzogiorno.

L'Egeo è mare troppo frastagliato da isole e da scogli, perchè si possa con poche parole farsi un'idea chiara e completa della sua morfologia subacquea. Tuttavia sembra che la sua profondità decresca andando da mezzogiorno a settentrione. La massima profondità misurata, di 1225^m, si trova fra Samo, Chio ed Andro. I Dardanelli presentano la loro massima profondità, di 104^m, nel punto loro più ristretto, presso Chanak Kalessi; il mar di Marmara invece presenta profondità assai più considerevoli, che, a mezzodì di Eregli, arrivano a 1344 metri. Il Bosforo, profondo in media da 50 a 75, raggiunge in qualche luogo la profondità di 100 metri.

Finora si compirono anche nel mar Nero troppo scarsi scandagli. Tuttavia è notevole come il tratto che gira in lunga curva, fra Costantinopoli e la Crimea, davanti le foci del Danubio, del Dgnestr e del Dgnepr, sia tutto occupato da un rialto subacqueo profondo meno di 100^m. Al largo però, lungo una retta che congiunge la bocca del Bosforo a Sebastopoli, lo scandaglio segna abissi profondi da 1000 a 2000^m. La parte orientale del mar Nero è affatto inesplorata.

Con le profondità abissali del Mediterraneo contrastano quelle minime del Baltico. Generalmente in questo Mediterraneo settentrionale lo scandaglio non si affonda più di 50 o 100^m; sicchè esso presenta due soli bacini di piccola estensione, a levante e a greco dell'isola di Gotland, più profondi di 200^m. La massima, profondità tocca i **325^m**.

Poco profondo è pure il mare del Nord, dove in media la sonda non segna più di 200^m; anzi di solito assai meno. Senonchè, da un lato, esso è in parte notevole occupato, a ponente, dal « Dogger bank », profondo appena da 15 a 32^m, mentre ad oriente si sprofonda ad un tratto a 5 e a 600^m nel cosidetto « fossato norvegese » (Norwegische Rinne), che costeggia le coste della Scandinavia, prolungandosi ed occupando quasi tutto

(1) Oltre le fonti citate, si può utilmente consultare: Wolf J. e Luksch J., *Phys. Untersuchungen in adriatischen und sicilisch-jonischen Meere*, Wien, 1881; nonchè l'articolo *Die Adria*, in *Deutsche Rundschau für Geog. u. Stat*, ecc Juni, 1883, pag. 406 e 541, e la bella carta annessavi *(Karte der Gestadeländer des Adriatischen meeres*, Sc. 1: 1 $\frac{1}{2}$ milione) di Gust. Freytag.

(2) Secondo il citato articolo *Die Adria* (pag. 543, nota) il cav. von Hopfgartner, a bordo della « Pelagosa », avrebbe notato una profondità maggiore di quella ora accennata, cioè uguale a 1645 m. e ciò a 41° 16′ $\frac{1}{2}$ N. e 18° 13′ $\frac{1}{3}$ E. da Gr. Nella citata carta del Freytag il punto di massima profondità misurata porta la quota di 1598 m.

Digitized by Google

lo Skager-Rack. Il punto più profondo (**687**^{m}) di questa depressione si nota nel Buchen fiord sulla costa norvegese presso Neerstrand.

Invece il carattere morfologico del Mediterraneo romano pare si ripeta nel Mediterraneo americano, dove già vedemmo (1), come, dietro le ultime ricerche, nel golfo del Messico, presso il banco dello Jucatan, si sia segnata una profondità di 3875 (28°8' latid. N., 87°18' long. O. da Gr.) — profondità vinta di gran lunga da quella del mare Caraibico, dove una profondissima vallata s'adima fra Cuba e Giamaica da un lato e la costa d'Honduras dall'altro. Lungo questo « abisso di Bartlett » (Bartlett Tiefe), che s'estende oltre 1100 chilom., lo scandaglio arrivò a segnare ben **6270**^{m} a circa 40 chilom. in direzione meridionale dell' isola Grand Cayman. Questa è la massima profondità finora riscontrata in un mare interno.

Un altro riscontro col Mediterraneo vien presentato altresì dal mar della Cina, che, diviso dal Pacifico mediante un muraglione, le cui creste stanno sotto il pelo marino da 1500 a 1600^{m}, pur presenta degli abissi di 3000 e anche di 3840^{m}; profondità superate ivi dai mari interni più meridionali, e non soltanto da quell' « abisso del Challenger » 8367^{m}), che quasi furtivamente s'insinua, come vedemmo, fra le Marianne e le Caroline, ma da quelli che si riscontrano nel mar di Sulu o di Mindoro (4660^{m}), nel mar di Celebes (4775^{m}), nel mar di Banda (5120^{m}) e ben anco nel mar Corallino (4850^{m}): contrasto notevole colle scarse profondità, dalle quali emergono generalmente le isole della Sonda.

Dei mari che forma l' oceano Indiano si hanno notizie incomplete. Tuttavia il mar Rosso mostra un fondo molto vario e accidentato, generalmente basso, anzi in niun caso profondo più di 1900 metri; del Persiano, che si giudica pochissimo profondo, mancano quasi affatto le notizie; mentre nel golfo del Bengala si nota l'esistenza di una zona litorale profonda da 2100 a 2500^{m}, che nella parte centrale fa posto ad una vallata, il « Great Swatch », profonda da 3900 a 4300^{m} e che si prolunga, se non inabissata, per lo meno assai depressa a confronto delle parti laterali, fin poco lungi dalle foci gangetiche (2).

(1) Cnfr. a pag. 437 della nostra opera.
(2) Cnfr. anche la nostra **Tavola XII., Delta del Gange.**

Quindi adesso riassumiamo le profondità medie (quali son date dal Krümmel) e massime dei mediterranei e dei mari periferici (Fig. 411):

Mediterranei	Profond. media, metri	Profond. massima, metri
Romano	1339	3630 (1) / 3968 (2)
Baltico	67	325
Arabico o Rosso	444	?
Persiano	37	?
Australiano	891	?
Americano	1832 ?	3875 (3) / 6270 (4)
Mari periferici.		
Mar del Nord	89	687
Manica e mar d'Irlanda	86	131 (5) / 183 (6)
Golfo di San Lorenzo	290	?
Mar della Cina	121	3840
» del Giappone	2200	3087 ?
» d' Ochotsc	1515 ? (7)	?
» di Bering	1000	?

3. Allorquando lo scandaglio o la draga vengono calate sul fondo marino, succede ben di rado ch'essi s'incontrino nella roccia nuda. Di solito, il fondo del mare è costituito da un materiale di sedimento: fango, sabbia, detriti, avanzi animali o vegetali. Questa è una

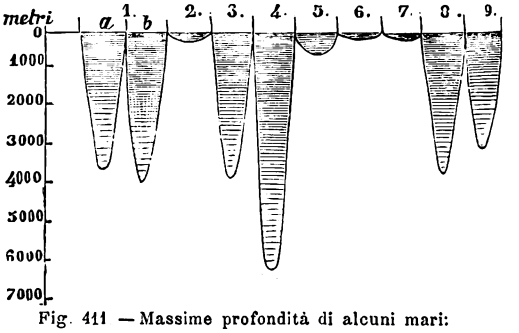


Fig. 411 — Massime profondità di alcuni mari:

1. Mediterraneo romano (*a*) occidentale e (*b*) orientale 2. Baltico 3. Golfo del Messico; 4. Mar Caraibico; 5 Mar del Nord; 6. Manica; 7. Mar d'Irlanda; 8. Mar della Cina; 9. Mar del Giappone.

verità ormai universalmente conosciuta, e ammessa da un pezzo, almeno da quando il Marsigli assomigliava il mare ad una botte, « che, contenendo il vino per molto tempo, sembra essere nel suo interno di melma o di tartaro, quantunque in realtà sia di legno »;

(1) Nel bacino occidentale.
(2) Nel bacino orientale.
(3) Nel golfo del Messico.
(4) Nel mar Caraibico.
(5) Nella Manica.
(6) Nel mar d'Irlanda.
(7) Secondo il Supan 1260^{m}.

Digitized by Google

e ciò, fin ad un certo punto, pare la cosa più naturale del mondo, poichè una volta che il mare occupa le parti più depresse del globo, esso funge quasi da scolo e da sentina di tutto il materiale che vi affluisce, importato da agenti diversi. E difatti già vedemmo quale abbondante tributo largiscano al mare i fiumi, colle loro torbide e cogli ammassi vegetali che vi trasportano, e i ghiacciai polari e circumpolari, coi detriti morenici che, galleggiando, trasportano a distanze notevolissime.

Ma il mare, anche senza l'intervento di altri fattori, sa crearsi da sè stesso i proprî detriti. L'oceano, nel quale i geologi c'insegnano a riconoscere il riedificatore instancabile di nuove isole e di nuovi continenti, è in pari tempo un indefesso demolitore. Onde, maree, flutti correnti, rollers, correnti, burrasche, moti turbinosi, sono i mezzi potentissimi, dei quali esso si serve e dei quali si vedono diuturnamente gli effetti.

Va però notato che l'erosione oceanica non si manifesta in pieno mare, laddove la sua enorme potenza dinamica ha libero campo di di agire, sibbene dov'essa incontra ostacoli od è costretta ad arrestarsi. Ond'è che i principali prodotti detritici della forza meccanica del mare sono provenienti dalle sponde. Della

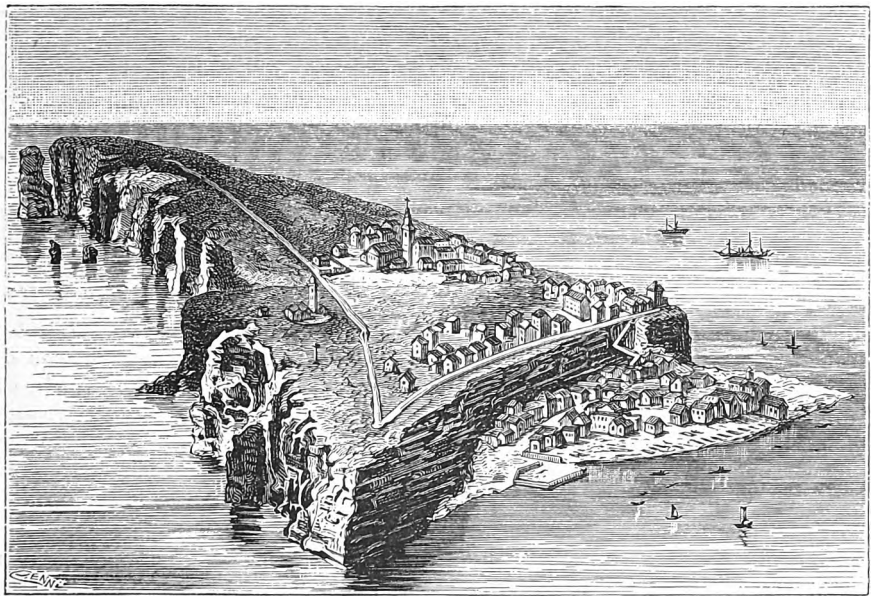


Fig. 412. — L'isola di Helgoland.

sua azione alcunchè vedemmo parlando delle isole, allorchè accennammo alla rottura del Limfiord, alla graduale demolizione di Helgoland ed a fenomeni consimili (1).

La diuturna demolizione di Helgoland (Figura 412) palesa che, anche prescindendo dai grandi parossismi, l'oceano logora, frange, ruina incessantemente i continenti. L'azione delle onde sul fondo è generalmente assai limitata. È noto come il moto ondoso cada, diminuendo con una notevole rapidità, dalla superficie verso il fondo, tanto da permettere l'affermazione che a 40 o 50 metri di profondità sia impossibile ogni azione eroditrice delle onde e tutto si riduca ad un leggero rimescolamento della materia depostavi. Si badi però che quest'affermazione vale soltanto nei casi in cui il fondo non presenti ostacoli atti a rinfrangere le onde (1). Ora, per produrre la rottura dell'onda, non è necessario che l'ostacolo giaccia proprio a fior d'acqua. Per esempio, nell' Adriatico, certamente non famoso per onde elevate, il mare si frange sul banco di Cortellazzo profondo 20 o 22 metri; nel Mediterraneo il banco di Caccia o « de la Case » fra Minorca e la Corsica, posto a 23^m, produce un tal rifrangere delle onde, che queste talvolta ne sollevano le sabbie e le portano sulle tolde delle navi; e l'Acton rammenta come nella tremenda tempesta sofferta dalla squadra inglese

(1) Pag. 259 dell'opera.

(1) Cialdi, *Dei movimenti del mare*, Roma, Barbera 1876, pag. 112.

Digitized by Google

dal 1 al 3 dicembre del 1840, sulle coste della Sicca, si videro i marosi frangersi a 84 metri di profondità. D'altronde, alcuni fatti mostrano come, in ispeciali condizioni, una certa azione eroditrice possa aver luogo a profondità ragguardevole, anche senza che l'onda si rompa. Così lo Spallanzani avverte come le lave scoriacee di Stromboli siano ridotte in tritumi dalle onde della tempesta anche a profondità maggiori di 40 metri, e come in quei paraggi i pescatori, in un fondo di 45^m e mezzo, devono fissare le reti con dei sassi, acciocchè il mare in moto non le infranga contro gli scogli e non le disperda. È in base a questi esempi e ad analoghe considerazioni che si capisce come, invece del semplice rimescolamento del fondo o delle fanghiglie che vi sono depositate, scemando la profondità, il moto ondoso possa a 10, 12 e anche a 15 metri, movere ciottoli di notevoli dimensioni e talvolta dei massi. Così, senza uscire dai mari italiani, si rammenta come nel porto di Livorno nove gradini, pesanti 800 libbre ciascuno e destinati a quel faro, furono asportati dal mare e trovati poscia a profondità da 4 a 6 metri sotterrati nel fango e arrotati (1).

Quando poi l'onda vien arrestata dalla costa è facile comprendere come la sua azione produca effetti spaventevoli. Onde, le quali urtando negli scogli o nei fari, come a Stromboluzzo o a Bell-Rock in Iscozia, si spingono a 40 e a 50^m ed oltre, dimostrano già una potenza tremenda. A Bell-Rock, nelle grandi burrasche, tale potenza venne valutata corrispondente ad una pressione di 32 tonnellate per metro quadrato di superficie (2); epperciò non fa meraviglia s' esse asportino massi enormi, come quello di 43 tonnellate ricordato dallo Stephenson, che a Barrahead nelle Ebridi venne smosso per 1 metro $^1/_2$, o se, per proteggere alcuni porti, quali, ad esempio, quelli della Biscaglia, si debba ricorrere a macigni aventi il volume di almeno 60 o 70^{mc} per ciascuno (3).

L'azione delle maree e delle correnti viene ad unirsi a quella delle onde e delle burrasche in quest'opera. Quanto all'azione delle maree sul fondo, essa è limitata a profondità ancora minori di quelle accennate, ma però diventa essa pure importante allorchè avviene cozzo di onde di maree mosse in direzione opposte. Un esempio di questo genere vien dato dalle due onde di marea, una che penetra nel canale di S. Giorgio da sud e che poi s'imbatte nell'altra onda che, girata l'Irlanda, vi arriva da nord in ritardo di 12 ore. Le due onde riunite penetrano con grande violenza nel canale di Bristol, producendovi effetti notevolissimi. Analogamente, il flusso penetrato nella Manica, presso Jersey, incontra la marea in ritardo, che intanto ha girato la Gran Brettagna. Il cozzo dei due flussi si riversa potente contro le coste della Bretagna francese (1). Del resto il solo fatto ben noto di maree elevate anche 15 o 20^m accenna ad una potenza d'erosione notevole, che la marea deve aver non soltanto sulle sponde, ma in tali casi e fino a un certo limite anche al largo.

Degli effetti arrecati in un altro modo dalla marea alle foci dei fiumi discorremmo (2). Alludiamo al fenomeno, che sulla Senna è noto sotto il nome di *barre d'eau,* sulla Gironda sotto quello di *mascaret,* sul Gange sotto quello di *bore,* sulle Amazzoni con quello di *pororoca,* e che consiste in un'onda di rigurgito, sovente potentissima, che risale i fiumi per tratti talvolta assai lunghi. Il solo sapere che in qualche fiume (come nel Tsien-tang in Cina) tale onda può presentare un'altezza di 5 o 6 e, in casi eccezionali, anche di 10 metri, e che in altri fiumi, come nelle Amazzoni, è capace di farsi sentire a 3 o 400 chilom. dalla foce, ne mostra la potenza. La quale, del resto, è notevole e dannosa anche nei fiumi francesi ai navigli non soltanto, ma agli argini e alle costruzioni più solide, specialmente per gli urti ch'essa produce. Della *bore* del Gange già facemmo un cenno altrove.

Queste onde di rigurgito, tuttavia, necessariamente si limitano soltanto ad accrescere il tributo di detriti e di torbide che arrecano i fiumi, o tutto al più esercitano la loro azione sugli estuari e sulle coste.

Al contrario, alle correnti, siano regolari od accidentali, non si può assegnar limite inferiore d'azione, dovendo necessariamente supporre ch'esse non siano sempre superficiali, anzi, sapendo che alcune fra esse si notano anche a profondità considerevoli, sia che si

(1) Cialdi, ivi, pag. 119.
(2) Cialdi, ivi pag. 285.
(3) Reclus, II, pag. 74. Da recenti publicazioni del Ministero dei Lavori Publici apprendiamo che nella costruzione delle opere di difesa ai nostri porti del Mediterraneo di solito si fa uso di massi artificiali aventi da 12 a 15 mc di volume. Però nel porto di Catania i massi impiegati arrivano a 18 mc. Attribuendo loro un peso specifico medio fra 2 e 2.50, questi ultimi devono pesare intorno a 40 tonnellate ciascuna.

(1) Hugues, *Geog. fis.*, pag. 143.
(2) Parlando dei *delta*, a pag. 435 dell'opera.

Digitized by Google

accordino, sia che contrastino colle correnti superficiali. Però è facile altresì comprendere come in generale l'azione delle correnti regolari sul fondo sia sempre assai piccola, quando si tratti di profondità rilevanti, a motivo dell'attrito e della resistenza prodotta dal mare stesso circostante, che funge quasi da alveo mobile della corrente. D'altra parte, anche supposto che una corrente mantenesse nel fondo la medesima velocità che presenta alla superficie, la sua azione non sarebbe nemmeno allora molto grande. La corrente, ch'esce dal Bosforo, e si considera assai veloce, muove con una velocità di circa 2 chilom. all'ora, il che vuol dire che essa sarebbe capace di smuovere delle arene grossolane, ma non ancora dei ciottoli. Solo supponendo (ciò ch'è ben lungi dal vero) che la corrente della Florida, profonda forse 800^{m}, conservasse anche sul fondo la velocità di circa 5 chilom. all'ora, che presenta alla superficie, potrebbe smuovere dei ciottoli della grandezza di grosse uova di gallina. Una fra le più forti azioni sul fondo che si conoscono dev'esser quella esercitata dalla corrente inferiore e salata ch'esce dal Mediterraneo per lo stretto di Gibilterra. Di recente il « Washington » (1), scandagliando in quei paraggi, da una profondità di 700 e 870^{m} ricavò dei saggi di ciottoli così levigati e arrotondati da dover riconoscervi un diuturno e notevole rimescolìo di quei fondi.

Però, lo ripetiamo, l'azione delle correnti sul fondo è ordinariamente assai limitata e di rado giunge a rasparlo o ad eroderlo.

La quale capacità si può riconoscere a quello fra i flutti correnti che alcuni chiamano appunto *flutto di fondo*, o *lama di fondo*, e che in realtà è prodotto dall'urto delle onde successive, mosse tutte dal vento, sulle precedenti, allorchè il mare, per così dire, si assottiglia contro la spiaggia (2). In tal caso l'onda resta di ben poco ritardata dall'attrito contro il fondo, anzi scorre sovr'esso con una velocità resa maggiore e più efficace grazie all'accumularsi delle azioni in un campo più ristretto. Però la semplice enunciazione del fenomeno palesa come la sua azione si possa manifestare soltanto in prossimità delle spiagge, il che non toglie che gli effetti di erosione o, per lo meno, di trasporto, che ne derivano, non diventino talvolta considerevolissimi. Le conchiglie pelagiche che i flutti correnti del Tirreno raccolgono negli abissi marini e che, in seguito ai fortunali, depositano tutte triturate e guaste sul lido di Fiumicino alle foci del Tevere, bastano a dimostrarne la potenza.

Comunque sia, le cause finora accennate presentano un'azione limitatissima o nulla in alto mare, mentre sovraneggiano lungo le coste, creando quella regione intermedia fra la terra ferma e l'alto mare, che già chiamammo col nome di *ghirlanda dei terreni avventizî* (*zone des alterrissements*). È appunto in questa zona intermedia che si accumula in piccola parte il materiale respinto dal mare, in parte maggiore il rifiuto dei continenti che i fiumi trasportano e le correnti distribuiscono, e quello che forniscono le coste incessantemente demolite.

Se non sempre, sovente avviene che il lavoro di demolizione delle coste meriti la pittoresca esposizione che ne fa il Réclus (1): « Per avere un'idea della forza di distruzione esercitata dalle onde dell'Oceano, basta contemplarle in un giorno di tempesta dall'alto delle coste gessose di Dieppe o dell'Havre. Ai piedi della riva, scorgesi l'armata delle onde schiumose precipitarsi all'assalto delle scogliere. Spinte contemporaneamente dal vento dell'alto mare, dalla marea e dalla corrente laterale, esse balzano sopra gli scogli e i talus del lido e vengono ad urtare obliquamente la base della costiera. Il loro cozzo fa tremare da cima a fondo quegli enormi bastioni e il fracasso ch'esse producono si ripercuote in tutte le insenature con un'eco rumorosa e incessante. Lanciata nei fessi delle rupi con una terribile forza d'impulsione, l'acqua disgrega tutte le materie argillose o calcari, scalza a poco a poco i massi e le stratificazioni più solide, le strappa ad un tratto, le rotola sul suolo e da ultimo le riduce in frantumi, che rimescola e trascina con uno strepito formidabile. Attraverso il turbine di schiuma ribollente, che investe la spiaggia, l'opera di demolizione è solo intravveduta; ma le onde si ritirano talmente cariche di detriti, che, per quanto l'occhio spazî, le scorge tinte di un colore nerastro o terreo ».

È in questa guisa che una sola tempesta, come quella del 1862, potè, sulla spiaggia della Hève, inghiottire per 15^{m}. di roccia e demo-

(1) Issel e Giglioli, *Pelagos*, pag. 268; — Enrico de Albertis (capit. del « Corsaro »). *Crociera del « Corsaro » alle isole Madera e Canarie*, Genova, Sordomuti, 1884 pag. 77.

(2) Cialdi, ivi, pag 103 e seg.

(1) *La Terre*, 2.°, pag. 176.

Digitized by Google

lire, in qualche località della Manica, lunghissimi tratti di spiaggia in ragione di 2m., e nell'assieme in ragione non minore di 0m.30 per anno; cosicchè si possono calcolare a 10 milioni di metri cubi all'anno i materiali inghiottiti dal mare nel solo tratto orientale della Manica.

Naturalmente il lavoro è vario a seconda della forma e della natura della costa. Le spiaggie piane lasciano scorrere sovra sè stesse l'onda, senza risentirne danno; le spiaggie a picco, mentre la rintuzzano, ne subiscono gli effetti dinamici. D'altra parte, le roccie calcari compatte che formano, ad esempio, le coste della Liguria o i basalti delle isole scozzesi, rimangono inalterate per secoli sotto l'azione delle più forti burrasche; i gessi della Normandia e le argille del Yorkshire ne provano rapidamente gli effetti. Aggiungasi che le rocce cavernose lasciano penetrare nei fessi l'acqua, che poi agisce o per forza chimica sciogliendole, o fisica disgregandole, o meccanica e talora termica, nel caso dei geli, logorandole e spezzandole; mentre le roccie a strati inclinati verso il mare subiscono un acceleramento nella loro rovina, perchè, lo-

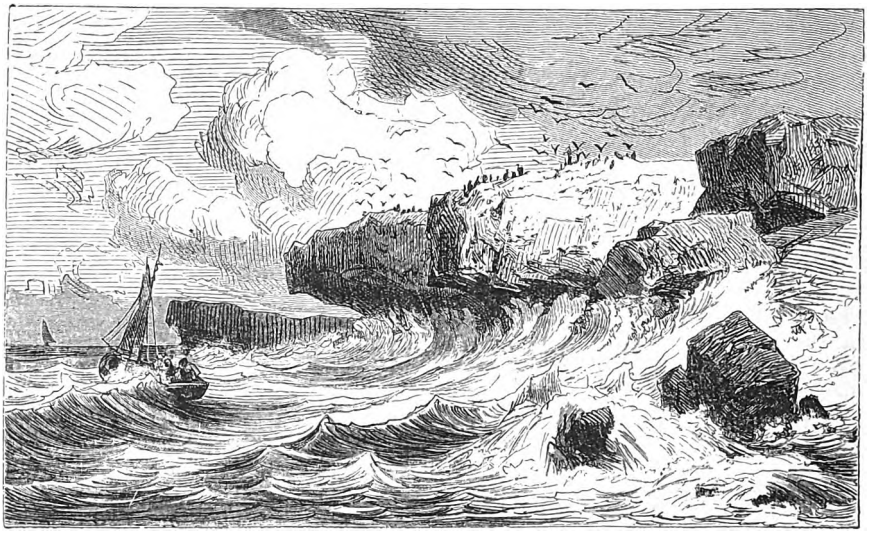


Fig. 413. — Erosione delle rocce prodotta dalle onde marine.

gorati gli strati inferiori, ne succede il crollo dei sovrastanti, anche se superiori al'a massima elevazione raggiunta dalle onde (Fig. 413). Talvolta l'erosione del mare procede per forme quasi capricciose. Così esso si scava delle caverne profonde in roccie compatte, come la grotta di Siongheller a Valderö, lunga 142m, alta all'ingresso 38m, e alquanto più bassa all'interno. Curiosissimo fra quelli di questo genere è il fenomeno che si nota nell'isola Torghat (65° 4' di latit. N), la cui sommità, all'altezza di 110 a 125m, è traversata da una galleria naturale, lunga 280m, alta da 20 a 75m, larga da 11 a 28m, e senza dubbio alcuno scavata dal mare (1).

Va da sè che tali eccezionali lavorî, più che diversa potenza erosiva del mare in luoghi diversi (e veramente questa diversità di potenza esiste), palesano differente capacità ad essere erose nelle roccie medesime che costituiscono gli scogli e le coste, e che si manifesta differente a breve distanza pur nelle roccie stesse più compatte. I pittoreschi ed accidentati profili che caratterizzano nelle Alpi la presenza dei calcari magnesiaci (dolomie), provengono, come sappiamo, appunto da diversa attitudine ad essere erosa che quella roccia, pur dura, presenta a tratti, e dal modo speciale con cui essa si sfalda e si spezza. Analoghe condizioni nei materiali costituenti una spiaggia conducono ad effetti non molto diversi; onde la formazione di lidi accidentati e portuosi, più frequenti, laddove roccie compatte e dure si trovano a diretto contatto col mare, che non dove questo s'incontra o in spiagge basse e sabbiose, in terreni molli e facilmente erodibili.

(1) SUPAN, *Lehrb.* pag. 185. Vedi anche le fig. 362 (che rappresenta la rocca d'Ilampiggs in Iscozia) 363, 364 a pag. 552 e 553 di quest'opera.

Digitized by Google

Del resto nessuna roccia si sottrae all'azione erosiva dell'acqua. Nel durissimo granito che costituisce l'isola di Bornholm nel Baltico sono frequenti i cosidetti « Ovn » o forni o caverne, che traforano la roccia per una lunghezza di 15 o 20^m sopra un diametro di 6 o 7^m, e tutti lavorati dall'acqua (1).

Non tanto a siffatto potente lavor o del mare, o per lo meno non ad esso soltanto, va attribuita la formazione di uno fra i più interessanti fenomeni che presenti la morfologia terrestre, com'è quello dei *fiord* (2), golfi lunghi, variamente accidentati, a pareti elevate, verticali o quasi e fra loro assai avvicinate (Figura 414), molto diffusi nelle alte latitudini, ma non esclusi dalle zone temperate, anzi neanche dalle torride. Dacchè, se si riscontrano frequenti nella Norvegia, nel Labrador fino al Maine (America), nella Groenlandia, nella Scozia, nell'Irlanda, sulle coste occidentali dell'America meridionale, non mancano ancora nella N. Zelanda, nella Tasmania, nella Bretagna francese, nella Galizia spagnuola, nell'Istria (il canale di Leme lungo 12 chilom. e largo circa 460^m), nella Dalmazia; anzi una forma poco dissomigliante da quella dei fiord si nota in alcuni golfi della costa cinese meridionale e della costiera di maestro dell'Australia. Però questi ultimi non presentano caratteristiche così spiccate come quelli delle regioni subpolari e specialmente della Norvegia. Il golfo di Cambridge, il più vasto dei fiord australiani presenta una lunghezza di 120 chil., ma non si ristringe a una larghezza da fiord, se non proprio nella sua parte più insinuata, sicchè presso l'isola Adolfo le sue sponde distano una dall'altra ancora di 15 chilom. Le bocche di Cattaro (Figura 415), sulle coste dalmate, penetrano nella terraferma per circa 23 chilom., con un giro di coste di 95 e con una larghezza variabile da 300^m a 7 od 8 chilometri. La profondità del mare nel suo interno non oltrepassa i 50^m, e per giunta le sue sponde sono collinesche sì, ma nel complesso poco inclinate (Figura 416). Invece il Lysefiord posto sulle coste della Norvegia presso il 59° N., ha una lunghezza di circa 42 chilom., una larghezza variabile fra 500 e 1900^m, mentre le sue pareti, o a picco o scaglionate, si erigono fin oltre i 900^m d'altezza. Nella parte sua più insinuata, la profondità delle sue acque non arriva ai 20 e alla bocca non supera i 30^m, ma nell'interno e verso il suo mezzo arriva ai 406^m, per cui qui la totalità delle pareti verticali ammonta a 1300 e più metri.

Fig 414. — Tipo di fiord norvegese.

La forma diretta o leggermente incurvata come un coltello catalano che presenta il Lysefiord, non rara nei fiord, non è la sola ch'essi presentino. Così il fiord di Drontheim (Trondhjem) nella Norvegia (Fig. 417) forma varie articolazioni ed angoli capricciosi; quei due abbinati di Fiske e di Anniggok (Fig. 418), nella Groenlandia occidentale, comunicano col mare aperto mediante varî bracci, e il Sognefiord (Fig. 419), ancora nella Norvegia, raccoglie varî rami, quasi altrettante vallate tributarie. Ma ciò che rende singolare quest'ultimo è il parallelismo delle sue sponde, conservato quasi costante per i 234 chil. di sua lunghezza.

(1) ACKERMANN, *Beiträge zur phys. Geographie der Ostsee*, Hamburg, Meissner, 1883, pag. 32.

(2) Cnfr. fra altri PESCHEL O., *Die Fiordbildungen* in *Neue Probleme*, ecc. pag. 9 e seg.; — MALFATTI, *Scritti*, pag. 199; — STOPPANI, *Corso di Geolog.*; Vol. II, pag. 632 e altrove

Digitized by Google

Insinuazioni prolungate come queste, e come queste profonde, lasciano facilmente comprendere come lo sviluppo di costa di un paese possa riuscirne influenzato. Le coste della Norvegia appariscono quasi 7 volte più lunghe, e quelle del Maine oltre 13 volte più lunghe, se si

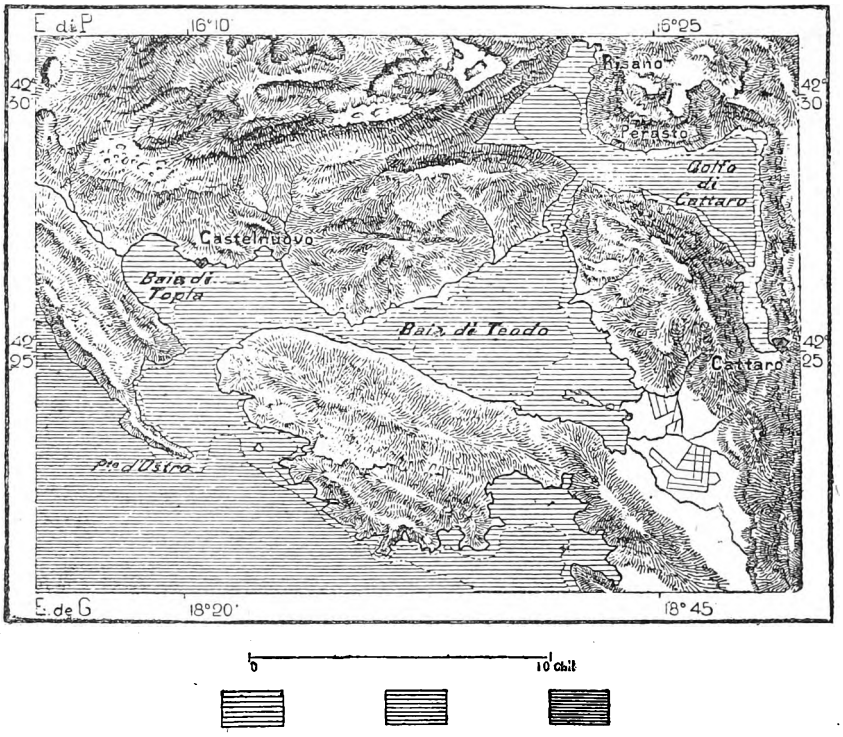


Fig. 415. — Le Bocche di Cattaro.

misurano seguendo tutti gli anfratti dei fiord, invece che accontentandosi di tener dietro soltanto al loro andamento generale.

Ai vecchi geografi poteva esser noto questo singolare fenomeno morfologico dei fiord, soltanto a mezzo di quegli esemplari che offriva

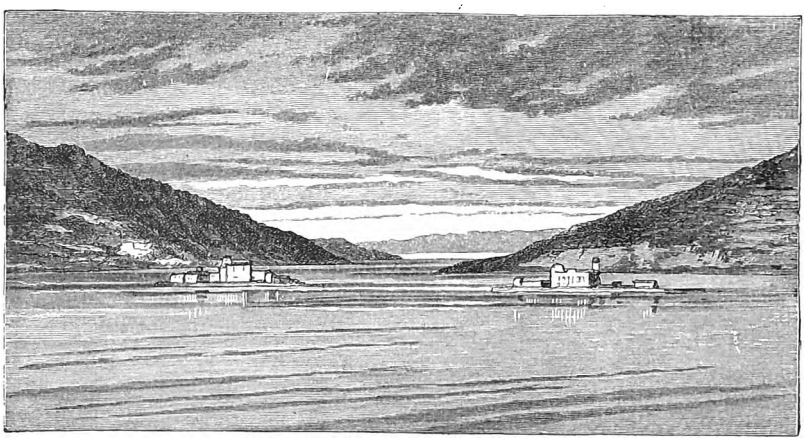


Fig. 416. — Panorama delle Bocche di Cattaro.

l'Europa, generalmente male rappresentati dalla vecchia cartografia. Una volta però che i viaggi e i rilievi costieri, diffusi su tutto il globo, mostrarono così ampia la loro diffusione, sorse tosto il problema riguardante il modo con cui essi si originano. Così a taluni, che li

Digitized by Google

ritenevano esclusivi delle regioni fredde, parve che fattore necessario alla formazione dei fiord dovesse essere il ghiaccio, e pensarono ch'esso fosse capace di erodere canali giganteschi, come quelli che accennammo; altri trovarono che l'azione dei ghiacci si aggiungeva ad un'a-

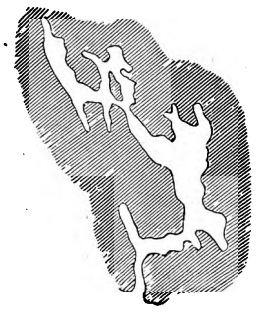


Fig. 417. — Il fiord di Drontheim, in Norvegia.

zione geologica anteriore, che doveva aver già prodotto una fenditura, anzi che i ghiacci dovevano aver esercitato una doppia azione, cioè da un lato di demolizione e dall'altro di

Fig. 418. — Il fiord di Fiske ed Anigg ok, nella Groenlandia occidentale.

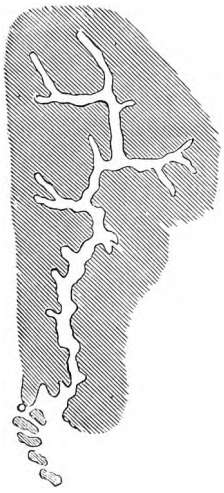


Fig. 419. — Il Sognefiord in Norvegia.

riempimento del canale scavato, il che doveva impedire che successivamente esso venisse colmato. Quanto abbiam detto, parlando dei laghi lombardi, rende agevole al lettore comprendere quale debba essere stato siffatto processo. D'altronde le profondità, che si riscontrano maggiori nell'interno dei fiord che non allo sbocco, palesano presso quest'ultimo la formazione di un apparato morenico. Il quale ora rimane tutto sott'acqua, ora arriva a sbarrare le foci dei fiord, mutandoli in valli-fiord o in laghi, ora aumenta il numero di quelle *schiere* (*scheeren* dei geografi tedesche *skjärgaards* dei norvegesi, *skärgard* degli svedesi) d'isole, che s'affollano agli sbocchi o lungo le costiere dei fiord. Tuttavia anche in questo caso, come già in quello dei laghi lombardi, giova aggiungere che la potenza del fenomeno, la profondità sovente considerevole delle acque interne, come l'enorme elevatezza delle pareti dei fiord, non si spiegano completamente senza ammettere una o parecchie oscillazioni di sollevamento e di depressione delle coste ov'essi si notano.

L'alternanza di attitudine ad essere erosa in una stessa roccia arreca il risultato di una serie di minute accidentalità nelle coste, quasi un lavoro di ricamo o d'incisione; l'alternanza di terreni diversi è sovente la causa principale di formazione delle grandi linee, secondo le quali si disegnano le spiaggie. Naturalmente queste stesse linee rimangono modificate, sovente addolcite, da altre cause, quali sarebbero le alluvioni fluviali e consimili. Per cui il più spesso avviene che le grandi linee che segnano i limiti fra il mare e la terra, seguano delle curve più o meno dolci. È in questa guisa che, ad esempio, l'intervallo frapposto fra le roccie secondarie, giurassiche o cretacee, e sempre a profili aspri, che costituiscono da un lato le costiere dell'Istria e dall'altro la sporgenza anconitana, è ridotto in molle curva, grazie a tutte le alluvioni dei fiumi alpini ed apenninici. Lo stesso fenomeno si ripresenta poco appresso per lo spazio compreso fra il medesimo aggetto anconitano e le roccie pur secondarie del monte Gargano. Soltanto qui la curva più dolce è incisa nei più molli ed erodibili terreni terziarî, che costituiscono le inferiori vallate apenniniche, interposte fra quelle due maggiori sporgenze. E così a questi due esempi, che togliemmo dal Supan, altri infiniti se ne potrebbero aggiungere.

Del resto, la figura quasi a festoni che si nota nella maggior parte delle costiere può originarsi talvolta indipendentemente dalla natura del terreno e della diversa capacità di resistenza ch' esso possiede. Sta in fatto che tale figura è quella che rappresenta la maggiore stabilità possibile, sicchè una volta che la forza erosiva delle onde, rimaneggiando la sponda, arriva a foggiarla ad arco di cerchio o d'elisse, il loro lavoro è fornito, o per lo meno la loro opera di demolizione d'allora in poi viene ridotta ai minimi termini.

Digitized by Google

Sovente il mare batte al piede di roccie elevatissime, la cui sommità esso non attinge che colle bolle schiumose sollevate nelle più forti burrasche. Muraglie intere di roccie a picco (le *falaises* dei francesi), elevate 30, 40 e anche talvolta 100 e più metri, segnano, ad esempio, i confini fra il mare e la terra lungo la Cornovaglia (Fig. 420), lungo la Normandia ed altrove. Nell'isola di Wight tali muraglioni,

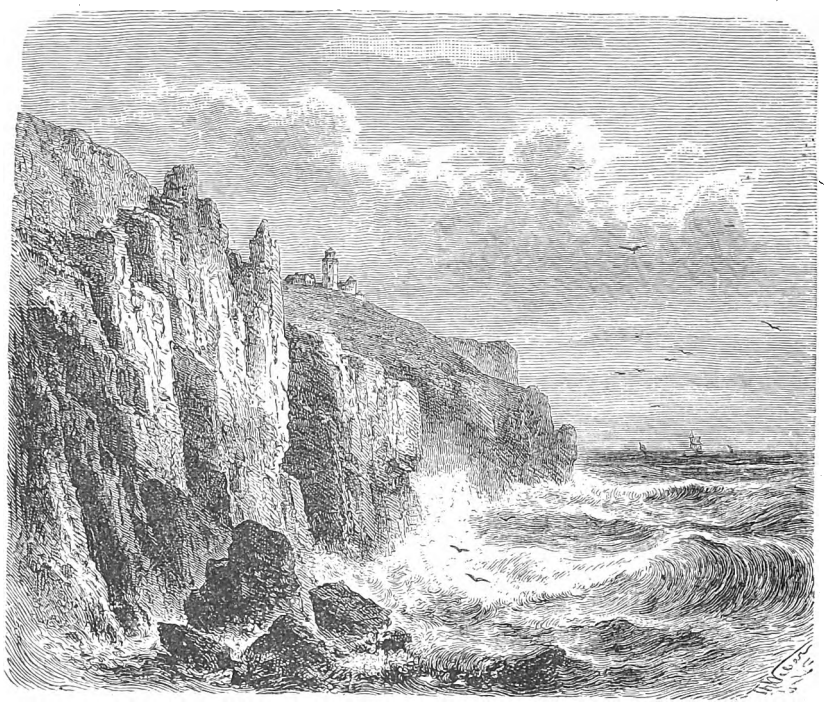


Fig. 420. — Costa della Cornovaglia presso il capo Lizzard.

pittoreschi e variamente accidentati, non hanno un' altezza minore di 150^{m}. L'isola di Helgoland (Fig. 412) adesso è costituita da una specie di grosso prisma di gres variegato, le cui elevate pareti screziate e a strati paralleli rossi, gialli, verdastri sovrastanno a picco sul mare e sugli ultimi resti della spiaggia bassa e gessosa che quest'ultimo, col volger dei secoli, asportò (1).

Qualche volta ancora dalla distruzione si salvano soltanto alcune maggiori roccie, segnalate da lungi quali capisaldi dai marinai. Anzi da roccie enormi, così rimaste intatte fra le generali ruine, vengono costituiti alcuni celebri *capi* o *promontori*. Di tal genere è la rupe elevata circa 300^{m}, che s'innalza nella deserta isola di Magerö e che col nome di capo Nord passa per essere, mentre non è, il punto più settentrionale d'Europa (1); di tal genere è pure la roccia calcare sulla cui cima, elevata 425^{m}, e sulle cui spalle sta costruita la fortezza di Gibilterra, e che rappresenta una delle sporgenze europee più meridionali e più avanzate verso l'Africa.

Nel profilo verticale delle coste, una forma che ricorre frequentemente è quella di spianata o di terrazzo, il cui limite superiore è segnato dal livello a cui arrivano le onde. In quasi tutti i mari però il terrazzo segue per due o più gradini successivi, uno segnato dal mare basso, gli altri segnati o dall'alta marea o dal limite superiore delle onde nelle tempeste. Nei mari a piccole maree e a burrasche moderate, com'è il Mediterraneo, la costiera presenta più comunemente uno scaglione unico (Fig. 421), mentre la moltiplicità delle gradinate è comune negli oceani a forti maree ed esposti a violenti burrasche (Fig. 422).

Un bell'esempio di tale moltiplicità di gradinate, probabilmente favorite da una particolare erodibilità della roccia, è presentato dal terrazzo d'Inishmore, sulla costa occidentale d'Irlanda, dove si notano non meno di sette scaglioni successivi, dei quali cinque vi sono scolpiti dalle onde nelle grandi tempeste, nelle massime e minime colme e nelle massime e minime magre, e gli altri due indicano stati d'acqua intermedî (Fig. 423).

(1) Vedi a pag. 259 e 629 di quest'opera.

(1) Il capo Nord è posto a 71° 10' 15" di latit.; ma nell'istessa isola di Magerõe trovasi un altro promontorio alquanto più ad ovest del capo N. e di circa $\frac{1}{2}$ minuto, cioè di 930^{m}, più settentrionale. Questo capo, costituito da una roccia a guisa di cuspide, si chiama Knivskjoerodde e la sua latitudine è adunque 71° 10' 45".

Digitized by Google

Nel consueto lavoro delle onde accade non di rado che il mare, colla sua propria opera e a mezzo degli stessi prodotti della demolizione, finisca col costruire un vero riparo che protegge la costa da ulteriori rovine. Le coste del Mediterraneo, sulla Riviera ligure di Ponente, presso Ventimiglia, sono costituite negli strati inferiori da un'argilla sabbiosa

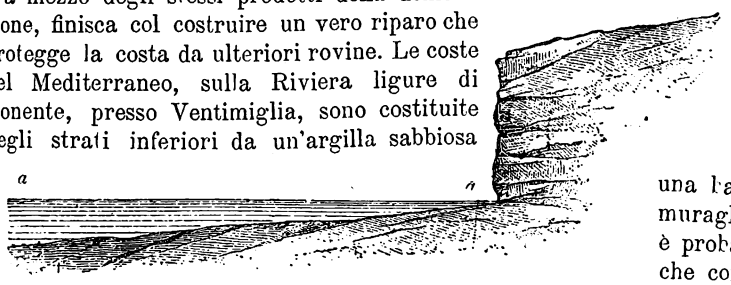


Fig. 421. — Terrazzo mediterraneo.

sulla quale l'azione del mare ha facile giuoco. Ma, coll'eroderla, il mare stesso produce la rovina degli strati superiori formati da un conglomerato compatto e resistente, i massi così crollati del quale, opponendosi alla prima furia dell'inquieto elemento e sfacendosi lentamente sotto i suoi sforzi, proteggono per anni e per secoli la costa che sta loro alle

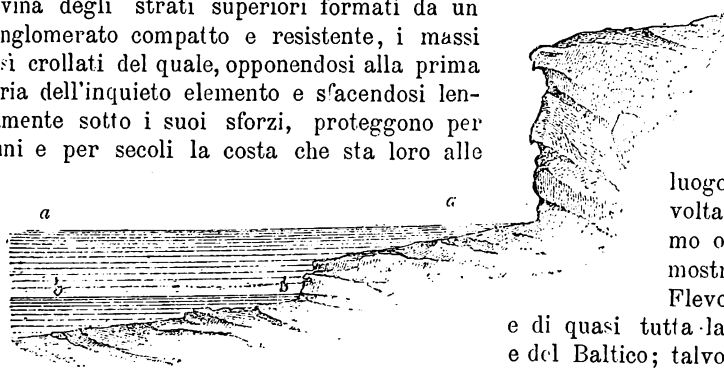


Fig. 422. — Costiera oceanica
a. alta marea; *b*. bassa marea.

spalle. E un fenomeno analogo avviene sulle coste della Bretagna francese, costituite da massi granitici, che s'accumulano ai piedi

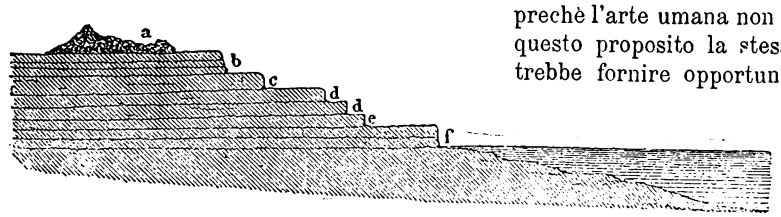


Fig. 423. — Costiera e scaglioni vari ad Inishmore (Irlanda)

a, sabbie delle burrasche; *b*. scaglione delle alte maree equinoziali; *c*. id. delle alte maree ordinarie; *d d* id. intermedi; *e*. id. delle basse maree ordinarie; *f*. id. delle basse maree equinoziali.

delle muraglie a picco da cui vennero staccati, formandone efficacissimo riparo e presentando esempio imitabile ed imitato dalla stessa arte umana. Difatti, fu appunto facendo saltare a mezzo di mine una parte della classica costiera di Round Down, già descritta dal Shakspeare, e creando coi suoi frammenti un riparo al rimanente, che gl'Inglesi alcuni anni addietro salvarono, poco lungi da Douvres, buon tratto di costa minacciata.

Talvolta ancora il materiale così caduto è tanto abbondante che, mancando una corrente litorale che lo spazzi, si distribuisce a guisa di una bassa spiaggia a piedi della muraglia rocciosa. Di tal genere è probabilmente quella spiaggia che corre nell'Italia meridionale dal capo dell'Armi fino a Taranto e che, salvo presso alcuni promontori, si presenta tanto piatta e uniforme sotto le rupi a picco, che è praticabile per lunghissimi tratti anche a mezzo di carri.

Sulle spiagge basse l'azione del mare varia da luogo a luogo e talora nello stesso luogo da tempo a tempo: talvolta è demolitrice, come avemmo occasione di notare, e come mostrano gli esempi del lago Flevo, mutato nello Zuidersee, e di quasi tutta la costa del mar del Nord e del Baltico; talvolta è riedificatrice (1). In questo secondo procedimento l'azione del mare consiste nell'accumulare il materiale e nel respingerlo sulla spiaggia fino al limite al quale possono arrivare le più alte onde nelle burrasche. Il resto è opera del vento che innalza le dune e le rotola entro terra, semprechè l'arte umana non arrivi a fissarle. Sotto questo proposito la stessa costa Frisone potrebbe fornire opportuni esempi, altri l'Italia medesima, come quelli del monte Argentaro sul litorale toscano, o del monte Circello nella maremma pontina, o dell'isola di S. Antioco in Sardegna, ormai, grazie al tributo del mare, tramutata in vera penisola.

In Italia però questo guadagno della terra sul mare o non è curato o non è favorito abbastanza. In Olanda invece esso trova nel-

(1) Vedi quanto dicemmo in proposito a pag. 259 di quest'opera.

Digitized by Google

l'uomo il più efficace ausiliario che si possa imaginare. I *watt* o bassi fondi sabbiosi dove il mare deposita i suoi sedimenti, s'alzano a poco a poco, finchè la fanghiglia riesce a nutrire la *salicornia herbacea*, pianta che predilige le acque salmastre, e che colle sue radici riesce a fissare il terreno. Il quale, alzandosi ancora, non presenta tanto propizie le condizioni di vita alla salicornia, quanto all'*aster tripodium*, un arbusto che le vien ben tosto sostituito e che coopera egregiamente a consolidare il terreno ed a portarlo oltre i limiti dell'alta marea. È allora che viene la volta della *plantago marittima*, un'erba, che colla sua presenza segna il tramutamento del *watt* in *heller* o in pascolo palustre, dalla quale condizione a quella di *polder* o di campagna, il passaggio avviene mediante un' opportuna serie di lavori di indigamento e di drenaggio, arti nelle quali gli Olandesi son maestri al mondo intero.

4. I frutti del vario lavorio marino che descrivemmo si notano tutti suppergiù lungo la zona dei terreni avventizi, i quali, nei mari chiusi e non soggetti a enormi rimescolamenti, com' è il caso dell' Adriatico o del Mediterraneo, non oltrepassano la profondità di 100 o 150^{m}, e negli oceani aperti quella di 200 o 250^{m}, e quindi cessano a pochi chilometri dalle spiaggie. Ma noi avvertimmo che anche al di là di tali limiti il fondo marino non si presenta mai come un letto di roccia polita, ma sì immancabilmente si appalesa coperto di un materiale di sedimento talvolta abbondantissimo. Da che cosa sono costituiti e d'onde provengono quel fango, quei detriti che rivestono i più profondi abissi dell'oceano?

Escluso che l'azione dei marosi e delle burrasche si eserciti a grande profondità e limitata essendo pur tanto quella delle correnti, il fango degli abissi marini si potrebbe in qualche caso singolare supporre come proveniente dei detriti degl'*icebergs* che vengono a sciogliersi a basse latitudini, ovvero anche da materie eruttate da vulcani subacquei, dei quali già notammo la esistenza, ovvero ancora da lave e da ceneri projettate largamente sugli oceani, come avviene bene spesso nelle massime eruzioni.

Lasciando da parte le eccezioni, l' origine del fango abissale sottomarino va cercata altrove (1). Quegli abissi incommensurabili, in apparenza remoti da ogni segno di vita, segregati dal mondo animale e vegetale da un ammasso acqueo strapotente, creduti per ciò forse veri deserti, si svelarono dopo le odierne ricerche pregni di una vita esuberante, i cui limiti inferiori vanno retrocedendo man mano che la draga dell' esploratore penetra indagando nelle profondità. Qualora altre prove mancassero, risolutiva sarebbe quella dei fanghi abissali oceanici.

Anche questa è una conquista moderna, anzi contemporanea, una pacifica conquista, dovuta a quelle gloriose spedizioni marittime di scienziati che già menzionammo. Soltanto quarant' anni fa il Forbes asseriva la vita mancare affatto nei mari a profondità maggiori di 548^{m}; ed egli stesso avea con ciò oltrepassato di gran lunga il limite fissato dall'Oerstedt, che credeva di segnarla a 160 o 170 metri. E tanto era radicato siffatto concetto, che, per mantenerlo, si dimenticava perfino una scoperta dovuta a sir John Ross, il quale fin dal 1818 avea segnalati esseri viventi nel fondo della baja di Baffin a 1828^{m} di profondità! Ma, inventato e utilizzato l'apparecchio del Broocke (1), la vita apparve persistere a 3600, a 4000 a 5000^{m} ed oltre, sfidando le eccezionali condizioni di pressione, di temperatura e di tenebre, dominanti in quegli abissi. Queste verità, già da alcuni, come sir James Ross, ammesse fin dal 1843, e poi confermate nel 1857 e nel 1860, in seguito ai viaggi del « Cyclop », del « Bulldog » e di altre navi, ricevettero dalla grande spedizione del « Challenger », già rammentata, tale sanzione da lasciarci oggi affermare « che non vi siano limiti di profondità all' esistenza della fauna vivente (invertebrati e pesci) nei fondi marini ». Lo stesso non si può certamente dire della flora, la quale cessa, secondo ogni probabilità, a forse 200^{m} dallo specchio del mare.

La stessa vita animale non si può dire che preferisca le grandi alle piccole profondità, anzi tutto fa credere che il suo massimo sviluppo si trovi lungo una zona oscillante fra i 1100 e i 2200^{m}, e che le condizioni offerte

(1) In realtà una certa fanghiglia verdastra ed azzurrognola di provenienza continentale e probabilmente formata dal detrito di roccie cristalline, si notò nei mari profondi di Banda, di Celebes, della Cina, e lungo molti dei continenti in alto mare. Presso l'isola di S. Tommaso, nelle Antille, il fango azzurro si trovò eccezionalmente a 7086^{m}; ma spesse volte apparve oltre ai 5000^{m}. Il fango verde oltrepassa ben di rado i 1300^{m} e soltanto in via eccezionale i 2000^{m}. Fango vulcanico grigiastro se ne notò a 5250^{m} presso le Sandwich. Un fango rosso d'ocra proveniente dai fiumi dell'America meridionale, a 4000^{m} presso Bahia. Avanzi di tritumi corallini presso le Bermude a 4570^{m}. Cnfr. BOGULAWSKY, *Ozeanogr.*, pag. 67 e 68. Comunque sia, la provenienza di questi sedimenti è sempre abbastanza evidente ed essi costituiscono soltanto eccezioni, giusta quanto avvertimmo.

(1) Vedi addietro a pag 615 di quest'opera.

Digitized by Google

dei grandi abissi siano poco propizie agli esseri viventi. Di più, si nota una singolare uniformità di vita e di costituzione delle parti più profonde, anzi, e questo è degno di considerazione, un carattere polare nella fauna dei grandi abissi, con perfetta analogia col carattere polare della fauna e della flora che si riscontrano nelle alte montagne.

Del resto, come si sarebbe in errore pensando che gli animali più atti a sopportare le eccezionali condizioni di pressione, di tenebre e di temperatura dei fondi marini siano quelli forniti di maggiori dimensioni e di organismo più perfetto, così non si sarebbe nel giusto giudicando essere quello il regno degli organismi rudimentali e degli infinitamente piccoli. Queste ultime erano le conclusioni alle quali parvero condotti gli scienziati sui primi momenti delle nuove scoperte oceaniche, allorchè, esaminati al microscopio i saggi pescati nei fondi abissali, li trovarono costituiti da esseri microscopici in quantità così straboccheveli che soltanto un centimetro cubico di quella fanghiglia mostravasi contenerne parecchie migliaia, per non dire centinaia di migliaia; ma in realtà sui fondi si riscontrarono frequenti e molluschi e crostacei, e asteridi e anellidi ed echinodermi (crinoidi) e briozoi e spugne delicatissime e pesci di organismo perfettissimo: specie e generi e famiglie diversissime una dall'altra.

E, del pari, alcuni scienziati erano corsi troppo, allorchè, essendo dai primi esami dei fanghi abissali risultata una grande analogia fra questi e i calcari cretacei, aveano asserito che ivi, nel fondo degli oceani, oggi proprio, *viveva* l'epoca cretacea, creando roccie identiche a quelle che noi riscontriamo appunto nei terreni di quelle fra le divisioni della serie mesozoica.

Quanto però oggidì pare indiscutibile si è che, come quelle roccie secondarie, anche il fondo del mare odierno risulta in gran parte costituito da rizopodi e precisamente da polithalamie e da foraminifere (dei generi globigerina, orbulina, pulvinulina) o meglio dei loro gusci microscopici ivi raccolti in sterminate quantità. Così, ad esempio, essi, mescolati a particelle di altre sostanze, formano il cosidetto *detrito foraminifero*, o *fango di globigerina* (*globigerina ooze*, *globigerinenschlamm*), da cui è coperta tanta parte di fondo oceanico. Caratteristico per l'Atlantico, dove predomina, esso si rinvenne quasi dovunque o esclusivo o sovrabbondante fra 450 e 5300m di profondità, in tutti gli oceani, eccezion fatta per alcuni bacini marittimi interclusi, per la parte meridionale (sotto il 50° lat. S.) dell'oceano Indiano e per la settentrionale (sopra il 10° di lat. N.) del Pacifico. In alcuni casi giace sopra un'argilla finissima rossa o bruna, della quale diremo, in altri immediatamente al dissotto, il quale ultimo caso palesa una depressione del suolo posteriore alla deposizione del fango di globigerina.

E alle foraminifere appartiene ancora un altro ordine di rizopodi diffusissimo nei fanghi oceanici: quello delle radiolarie. Disperso esso pure in tutto l'oceano, in alcuni fra i suoi abissi profondi da 4100 ad 8400m, il *fango di radiolarie* (*radiolarian ooze*, *radiolarienschlamm*) è così sovrabbondante che i sedimenti del fondo ne assumono le caratteristiche e il nome. La preminenza fra tali regioni marittime spetta alla parte occidentale e centrale del Pacifico e ad una parte dell'arcipelago malese. Fra le isole Sandwich e quelle della Società i fondi di radiolarie si alternano con quelli di globigerina. A contrasto, quei primi scarseggiano nell'Atlantico e nella parte meridionale dell'Indiano.

In quest'ultimo invece, fra 53° e 63° di latit. S., cioè dalle Kerguelen al circolo polare artico, e fra 80 e 110° di long. E., il fondo marino è coperto, anche a profondità variabili da 2300 a 3600m, dei resti di un'alga ad armatura silicea, dell'ordine delle *diatomee*, pianta acquatica che costituisce la principale nutrizione dei pteropodi, delle meduse e dell'entomostracee e che si trova diffusissima in tutte le acque del globo, siano dolci o salate, ma che venne svelata in quegli abissi soltanto in grazia delle recenti investigazioni.

Però, oltre che di queste tre principali specie di fango oceanico, le grandi profondità sono per vastissimi tratti coperte da un'*argilla abissale* (*red-clay*, *tiefsee-thon*), qualche volta grigia, (*grey ooze*), più spesso rossa o bruna color cioccolatte. Costituita sovente da elementi calcari e silicei e da ossido di ferro e di manganese, mescolata a gusci di globigerina, talvolta a particelle di quarzo, di lava, di pomice, di feldspato, essa preferisce le profondità superiori a 3700m, tantochè nell'Atlantico si trova fra 4400 e 5850m, e nell'Indiano meridionale e nel Pacifico fra 3700 e 7130m. Nell'Atlantico il « Challenger », esplorando il tratto interposto fra le Canarie e l'isola di S. Tommaso nelle Antille, trovò il fondo di globigerina esteso per 1336 e l'argilla rossa abissale per 3525 chilometri. Dopo gli espe-

Digitized by Google

rimenti del Buchanan, il chimico del « Challenger », anche la formazione di quest'argilla rossa e bruna sembra esplicata. Trattando i gusci di globigerina con acidi deboli, si scorge che quelli perdono i loro elementi calcari e lasciano per residuo una piccola quantità di sostanza rossa, perfettamente identica all'argilla abissale. Sapendo, come vedremo in seguito, che l'acido carbonico dell'oceano cresce colla profondità è facile comprendere come in quell' immensa officina, ch'è il fondo marino, si produca in grande l'esperimento del Buchanan. L'argilla grigia (grey ooze) sembra una formazione intermedia fra il detrito di foraminiferi e l'argilla rossa

Queste sono le fanghiglie principali che finora si riconobbero diffuse sui fondi degli oceani. Lo ripetiamo: queste ricerche sono appena sul loro cominciamento ed è già molto s'esse ci danno alcune delle linee fondamentali di una scienza nuova: la *litologia* dei mari (1), scienza che diverrà l'aiuto principale della geologia, dacchè permetterà di seguire, si può dire, passo passo, lungo il loro procedimento di formazione, i terreni che costituiranno i futuri continenti. Anzi, già accanto alle linee fondamentali indicate, se ne segnarono anche di secondarie. Imperocchè i fanghi oceanici presentano ancora alcune varietà proprie a speciali bacini. Così il fondo del Mediterraneo americano apparisce coperto da una *fanghiglia di pteropodi*, che dalla corrente della Florida e da quella del Golfo viene trasportata in pieno Atlantico, anzi ne copre il fondo fino alla latitudine di Charleston, non lasciando il posto al fango di globigerina, se non a poca distanza dal circolo polare; così, dopo le recenti investigazioni del « Washington », di pteropodi principalmente sembra composto anche il fango abissale del mar Tirreno; così il mar glaciale Artico, frammista al fondo sassoso comune in esso, presenta a profondità maggiori di 1800^{m} una speciale *fanghiglia di biloculine*.

Avvertimmo già poche pagine addietro come le recenti esplorazioni italiane, mostrando erronea la credenza diffusa dai naturalisti inglesi e affermando quindi l' esistenza di una fauna abissale nel Mediterraneo, abbiano svelata una nuova verità: che cioè anche i bacini interclusi e dall'oceano separati mediante barriere notevolissime presentino nei loro gorghi le medesime condizioni di fauna degli abissi oceanici. Ora questa verità si completa coll'altra: della grande uniformità che presenta la costituzione dei fanghi marini, di pochissimo alterata dalle eccezioni sovraccennate.

Quanto dicemmo di essi ce li mostra in parte costituiti da animali viventi, in parte assai maggiore dalle loro spoglie più o meno chimicamente alterate. In qualche località avvertimmo ai tributi dei continenti portati al largo dalle correnti, ai prodotti dei vulcani subacquei e subaerei e consimili elementi. Ma, se credessimo che tutto stesse lì, saremmo in errore. Una parte dei fondi oceanici proviene senza dubbio dal processo della evaporazione, pel quale alcuni fra i sali contenuti nelle acque marine scendono al fondo; ma una parte ben più grande dev'essere costituita dal precipitare ne' fondi di un' infinita quantità di organismi che certamente non vivono negli abissi, nè si possono confondere cogl' infusorî del fango di globigerina e di radiolarie, e che pure in quegli abissi trovano la lor tomba.

Allorchè si pensi all' enormi estensioni occupate da quelle alghe galleggianti che, sotto il nome di *fucus natans* o di *sargassum bacciferum*, costituiscono i cosidetti mari di Sargasso; o alle ingenti quantità di legnami che le correnti continentali fluitano incessantemente al mare e le correnti oceaniche trasportano pur esse incessantemente qua e là sul vasto elemento; quando si pensi alla copia enorme, strabocchevole, di pesci, di molluschi, di crostacei, di acalefi, di cetacei, che abitano le parti superiori dell' oceano, riesce facile concepire come il prodotto della morte e della decomposizione di tanti esseri dev'essere parimente incommensurabile.

Schiere di balene, di foche, di vitelli marini; banchi amplissimi di delfini, di tonni, di sardelle, di merluzzi, di aringhe, di salpe, estesi miglia e miglia, talvolta da una sola burrasca vengono travolti e decimati, se non distrutti completamente. Nessun combattimento umano, nessuna catastrofe continentale può dare l'idea di stragi pari a quelle che devono accadere in grembo all'oceano e le cui testimonianze qualche volta appariscono dai numerosi cadaveri rigettati pei lidi, ma più spesso restano ignote nelle oscure profondità marine. E accanto a queste ecatombe di esseri, le quali si avvicendano a periodi più o meno lontani, va notato il tributo che ogni giorno la morte esige e che certamente non dev'essere minore di quello proveniente dai parossismi oceanici.

(1) Vedine intanto le prime linee segnate dal DELESSE, *Lithologie du fond des mers*, Paris, LACROIX, 1872.

Digitized by Google

In complesso, qualora fosse permesso abbracciare d' uno sguardo gli abissi del mare, si scorgerebbe un incessante precipitare di resti organici, di scheletri, di gusci, di pinne, di membrane, d' intieri cadaveri più o meno decomposti. E frutto di tale nevicata di esseri morti, appunto, sono quei fondi oceanici che ben meritano, sotto un certo punto di vista, il nome di « cimiteri » o di « necropoli » del mare, ma che ormai conosciamo esuberanti essi stessi di vita.

Così nemmeno quei reconditi e tetri abissi sfuggono all'eterna vicenda che tutto domina l' universo.

CAPITOLO II.

LE ACQUE MARINE (1).

« Parmi les Néreides qui dans les chants homériques personnifiaient les aspects de la mer, l'une etait la Bleue, un'autre la Lachée, une troisième la Verdoyante ».

RÈCLUS, *La Terre*, Vol II., pag. 40.

« Vous qui vivez à la lumière, réjouissez-vous,
Car là-bas dans la profondeur tout est terrible.
Que l'homme ne tente pas les dieux,
Et ne demande jamais à voir
Ce que par bonté il tiennent caché dans la nuit des ténèbres ».

SCHLEIDEN. *La plante et sa vie, trad.* SCHEIDWEILER et ROYER, pag. 131, Paris, 1859.

1. Un viaggiatore, che dai mari settentrionali, anche dal Baltico, passi al Mediterraneo e specialmente ai paraggi siculi, resta tosto colpito dal fatto della spiccata differenza fra il colore delle acque di quello e il colore delle acque di questo mare. Al tono debole e freddo, alla melanconica tinta verde sbiadita, si contrappone una tinta azzurra carica, sovente più cupa del cielo, a mille riflessi di lapislazzuli, viva e brillante, anche allorchè, scemando la profondità, il colore passa degradando all'azzurro più chiaro o all' oltremarino. Chi è penetrato una volta o l'altra nella grotta azzurra di Capri, od ha solcato in barchetta il mare che circonda i Faraglioni di Aci Reale, presso Catania, non può mai dimenticare quel lusso infinito di tinte e quello sfarzo di splendore cangiante fra il turchino e il verde cupo, che quelle acque incantate presentano.

Ma, accanto allo stupore destato nell'animo dal meraviglioso fenomeno, sorge la curiosità di conoscere la causa di tali differenze e quella di sapere se apparenze così diverse provengano da diverso coloramento proprio delle acque, ovvero da circostanze particolari, quali sarebbero profondità, colore del cielo o del fondo marino, sostanze sospese o sciolte nell'acqua, sue condizioni termiche, o da cause somiglianti. Problema questo interessantissimo, ma al quale nemmeno oggidì la scienza sa dare una risposta sicura (2).

Certo è che l'acqua marina pura, se raccolta in piccola quantità, si mostra affatto incolora; nè assume una tinta se non raccolta in grandi masse. In tali casi acquista un colore decisamente azzurro (bleu, blau), che diventa azzurro carico, quasi turchino (bleu foncé, dunkelblau), nelle regioni abissali e cala all'ultramarino e al verdognolo, col scemare delle profondità, coll'avvicinarsi alle coste, ai bassi fondi, agli scogli. Questo fatto spiega in parte il coloramento verdastro del mare del Nord e del Baltico, e fors'anco quello

(1) Vedi bibliogr. al capitolo precedente e specialmente RÈCLUS, *La Terre*, Vol. II., pag. 37; — BOGULASWKY, *Handb. der Ozean.*, I., pag. 173; — GELCICH, op. cit. pag. 30; — HUGUES. *Geogr. fis* pag. 130 e seg.; — MAURY. *Géogr. phys. de la mer*, II, § 673 ed altrove; — GIGLIOLI ed ISSEL, *Pelagos* Genova, Sordomuti, 1884, quà e là; — KAYSER, *Physik. des Meeres*, Paderbon. 1873, pagina 155 e seg.; — HUMBOLDT, *Tableaux de la Nature*, pag. 60; — HANN, HOCHSTETTER und POKORNY, *Allgemeine Erdkunde* ecc. che forma la Parte I, dell'opera di ALFRED KIRCHHOFF, *Unser Wissen von der Erde*, Prag. Tempsky, 1884, pag. 182 e seg.; — SUPAN, *Grundzüge der Physischen Erdk.*, pag. 156 e seg.

(2) Per alcuni, come pel Burmeister, il colore dell'acqua marina è soltanto il riflesso del cielo; per altri ancora, come il Kayser, è proprietà speciale dell'acqua; per altri finalmente (Tyndall, Soret, Aitken) è il prodotto della rifrazione e dell'assorbimento di alcuni raggi luminosi e specialmente del raggio rosso.

Digitized by Google

del golfo Persico, il « mar verde » delle popolazioni che ne abitano le coste (1), tutti mari poco profondi, a confronto dell' azzurro cupo proprio del Tirreno e dell' oceano Indiano: ma non ispiega il verde cupo del mar di Guascogna, profondo al pari e più del Mediterraneo. Quanto alla regola che il coloramento dell'oceano stia generalmente in ragione diretta della profondità, gli uomini di mare ne sono tanto convinti, che giudicano indizio di pericolo, per la presenza di bassifondi o di frangenti, l'apparire dell'acqua scolorata, la « discoloured water » degl'inglesi.

Già l'Humboldt aveva osservato come quell'azzurro cupo, che rende così attraente e misteriosa la tinta del Mediterraneo, si ripete nelle parti tropicali dell'Atlantico, anzi, noi possiamo aggiungere, in tutti i mari della zona torrida; mentre i navigatori dei mari polari s'accordano nel giudicarne l'acqua prevalentemente, anzi esclusivamente, verdastra. Sicchè ormai si può a buon diritto concludere che il coloramento azzurro predomina e cresce in intensità nei mari caldi e ricchi di sale, il verde in quelli che si trovano nelle opposte condizioni. Questo giudizio trova la sua conferma in varî fatti: così è noto il colore azzurro più cupo delle correnti calde marine a confronto dei letti di acque fresche, sui quali scorrono, e che si riscontra specialmente nella corrente del Golfo e nel Curosivo o « corrente nera » del Giappone; così è noto che gl'impresari delle saline giudicano della maggiore o minore saturazione delle acque soltanto dal vederle tinte in ceruleo più o meno cupo; così nell'Atlantico equatoriale si riscontrò verificarsi un passaggio dall' azzurro al verde ogniqualvolta ha luogo una forte diminuzione di temperatura; così parimenti le diligentissime ricerche compiute dallo Schleinitz nel 1874, durante un viaggio dall'Ascensione alle foci del Congo e da questa al capo di Buona Speranza, gli mostrarono evidente l'accordo fra una ricca salsedine e la cupezza della tinta azzurra, che dava luogo al verde cupo, poi al verde sporco e finalmente al bruno, man mano che la nave si accostava alla foce del Congo e da ultimo penetrava nelle acque scaricate da questo gran fiume. Negli stessi mari italiani, la cosa si verifica nel modo identico. L'Adriatico, più dolce e più fresco nella sua parte più settentrionale, vede procedere la sua tinta dal verde all'azzurro quanto più scema la latitudine; ma non arriva mai a pareggiare le tinte azzurro-cupe del Tirreno o del Jonio.

Questi fatti affermano la verità del principio che realmente le acque marine sono dotate di una colorazione loro propria, che varia specialmente colla proporzione del sale contenutovi, ma che, essendo in complesso assai tenue, non si rende sensibile se non in masse cospicue, a quella guisa che soltanto sovrapponendo un' all' altra molte lastre di vetro bianco e trasparente, si osserva quel vetro non essere nè perfettamente bianco, nè perfettamente trasparente.

Va però senza dubbio ammesso che sulla colorazione del mare hanno influenza molte circostanze accessorie. A mo' d'esempio, quando il cielo è coperto di nubi, il mare acquista un colore grigio verdognolo, talvolta quasi saponaceo o somigliante al talco. Prima della burrasca o durante certi periodi del suo imperversare, non di rado diventa cinereo, livido, di un aspetto e di una tinta che Victor Hugo chiamerebbe « apocalittici ». A cielo annuvolato e a mare grigio, un raggio di sole, che penetri fra nembo e nembo, genera delle chiazze o delle strisce azzurre, o nero-cerulee, curiosissime. Nè questo basta: chè un infinito numero di combinazioni provengono dal vario rifrangersi della luce nelle onde mosse e increspate variamente dal vento, ora riflettenti dei guizzi luminosi, ora ridotte ad una specie di opacità. Mirabile sopratutto appare lo sfarzo di colori che sfoggia il mare, allorchè il sole s'eleva dall'orizzonte o all'orizzonte s'approssima, e diffonde tutto all'intorno infinite tinte crocee e porporine, come sovente si presenta nei tramonti autunnali a chi dimori lungo la maremma Toscana. E a queste svariate circostanze che provengono dai varî giuochi di luce esteriore, va aggiunta ancor quella che proviene dalla posizione stessa dell'osservatore rispetto al sole, poichè, qualora esso osservatore abbia volto le spalle a quest'astro, il mare in tempi normali gli apparirà ceruleo più o meno cupo; qualora invece lo abbia in faccia, gli apparirà biancastro od argenteo.

Un'altra causa di varietà nel coloramento del mare sta nella tinta della materia o degli esseri che vi stanno sospesi e che vi abitano e in quella del fondo su cui preme. Lo sterminato numero di pesci, di molluschi, di crostacei, di polipi, di salpe, che vi hanno dimora, riflettono, per un complicato giuoco di luce, sui loro corpi variegati una moltitudine

(1) Il coloramento verde del golfo Persico può tuttavia esser prodotto dalla tinta del fondo o delle erbe che lo tappezzano.

Digitized by Google

di colori tali da creare un vero caleidoscopio all'occhio intento ad osservarli. Curioso davvero, poi, che molti fra questi stessi corpi, i quali, immersi nell'acqua, si abbellano dei colori dell'iride, tratti dalla stessa, appaiano di tinta sbiadita e monotona. Più efficace del coloramento subitaneo e poco duraturo prodotto dagli animali marini, è quello proveniente dalla vegetazione marina. Non alludiamo tanto a quei banchi di fucus o di sargasso, che si stendono per così vasti tratti oceanici e che tingono di verde anche così gran parte di mare litorano, quanto a certi speciali coloramenti prodotti da piante ben più piccole di quelle. Così le acque color d'oliva, che lo Scoresby vide alternatamente a strisce turchine occupare un quarto dello spazio del mare di Groenlandia, e che più tardi vennero particolarmente studiate dal botanico Roberto Brown, apparvero colorate in tale tinta da uno straordinario numero di quelle diatomee di cui abbiamo discorso (1); così il Montagne il 3 giugno del 1845 scorse alle foci del Tago, poco lungi dalla costa, delle strisce sanguigne, costituite anche in questo caso da un'alga, il « protococcus atlanticus », analoga a quella che produce le nevi rosse e le piogge di sangue, e così piccola che sopra un solo metro quadrato di spazio si potevano contare avvicinati ben 40000 individui; così la « Magenta » nel 1866 e nel 1867 più volte ebbe occasione di traversare nell'Atlantico e nell'Indiano dei vasti spazî marini coperti di macchie giallastre o rosse, somiglianti a minutissima segatura di legno e prodotta da un velo di *Trichodesmium*, genere delle *Desmidiacee* (2); così non è improbabile che lo stesso colore verdognolo delle acque del Baltico provenga dalle alghe che vi si trovano e sulla clorofilla delle quali l'acqua poco salata di quel mare pare eserciti una potente azione, assorbendone la tinta verde (3); così finalmente a piccoli semi di piante o, in ogni modo, a resti vegetali si attribuiscono i coloramenti gialli od ocracei del mare visti nei paraggi del Giappone e nell'oceano Indiano, presso le Maldive, ed altrove.

Altre volte son proprio i fondi marini che si vedono attraverso lo spessore delle onde, sia che diano a queste una tinta biancastra, com'è solitamente delle roccie madreporiche dell'oceano Indiano e Pacifico, o rossa viva, com'è il caso dei coralli del mar Rosso (1) e delle piccole conchiglie che tappezzano il fondo del « mar vermiglio » sulle coste della California, o nera, com'è quello delle lave vulcaniche delle Lipari o dei basalti delle isole scozzesi.

Da ultimo, speciali porzioni di mare vengono ad assumere in qualche caso temporariamente, in qualche altro stabilmente, quella tinta stessa da cui son colorate le acque fluviali che vi sboccano, o i detriti che le stesse onde strappano alle coste da esse demolite. La polvere di gesso formata in quest'ultima guisa è la origine del coloramento giallognolo della Manica presso le coste inglesi; come nel *less* convogliato dai fiumi cinesi sta quella del coloramento e del nome di quel mar « Giallo » per eccellenza.

Tra i fenomeni di coloramento del mare o fra quelli ad esso molto affini va posto anche quello della sua fosforescenza (2). Esso, secondo il Giglioli, può presentarsi sotto tre fasi distinte, cioè: sotto l'aspetto di una luce diffusa, omogenea, lattiginosa; o sotto quello di uno scintillìo vario e mutabile di punti luminosi; o finalmente sotto quello di dischi luminosi a luce tranquilla. Nel primo caso il mare assume l'apparenza di un paesaggio uniforme con effetto di neve, per cui ebbe dagli Olandesi il nome di « mare d'inverno », o, per la sua apparenza oleosa o meglio lattiginosa, più comunemente quello di « mar di latte », « mer de lait » dei Francesi, « milchmeer » dei Tedeschi, « acque bianche » dello Stoppani. Ciò non toglie che la sua tinta, invece

(1) PETERM. *Mittheil.*, 1869, pag. 21.

(2) *Pelagos*, pag. 14.

(3) ACKERMANN, *Beiträge zur. phys. Geographie der Ostsee*, cit., pag. 314. Secondo l'Oested (ivi, pag. 319) lo stesso colore delle alghe marine, verde nelle parti superiori e fino a 4^{m} dal pelo dell'acqua, bruno d'oliva fra 4 e 16^{m} e rosso a profondità maggiori, sarebbe dipendente dal grado di rifrazione che i raggi solari subiscono diversa a seconda dello spessore dell'acqua che devono traversare, per cui a mediane profondità i raggi azzurri non giungono a penetrare, e alle massime penetrano solo i rossi, e le piante si rivestono di quei raggi che non rimangono intercettati prima di giungere a loro.

(1) Secondo il Giglioli (*Pelagos*, loco cit.), che si riferisce all'Ehrenberg e al Montagne, il coloramento del mar Rosso sarebbe proveniente dalla diffusione, che si notò sulla sua superficie, di un'alga rossa filamentosa, a cui quei naturalisti diedero il nome di *Trichodesmium erythraeum*.

(2) BOGULAWSKY, *Ocean.*, I., pag. 179; — STOPPANI, *La purezza*, ecc., pag. 78; — MAURY, II. §. 673, 905; — GIGLIOLI, *La fosforescenza del mare* in *Pelagos*, pag. 89 e seg. e 278, e in *Boll. della Soc. Geogr. ital.*, vol. IV., 1870; — PETERMANNS, *Mittheil.* 1856., pag. 236; 1861, pag. 148; — GELCICH, l. cit., pag. 35; — CATULLO, *Trattato*, ecc. pag. 257; — GATTA L. e BOVE G., *Il mare di latte* in *Cosmos* di G. CORA, Anno IV. 1877, pag. 1 e 56; — DELLA VALLE, *La luce negli animali*, Napoli, 1875, pag. 21, 61 e seg.; — SPALLANZANI, *Viaggio alle due Sicilie*, Milano. 1826, pag. 37.

Digitized by Google

di essere perfettamente bianca, non presenti una leggera tendenza al verde o all'azzurrino. Forse in causa del suo leggiero coloramento, di giorno tale fenomeno non si scorge, anzi nella notte stessa si scioglie col solo sorgere della luce lunare; ma, appunto di notte, esso è abbastanza comune nei mari equatoriali, anzi si nota qualche volta nei mari delle medie latitudini, specialmente d'estate. Nel Mediterraneo fu osservato nel golfo di Napoli e più frequentemente presso lo stretto di Gibilterra. Allorchè esso si manifesta, al viaggiatore sembra proprio di navigare in un mare di latte o di crema di latte, dotato di una propria luminosità atta a svilupparsi al menomo urto di un oggetto estraneo, sia una barca o semplicemente il soffio della brezza, ovvero che la nave, quasi mossa da un meccanismo misterioso, proceda attraverso ad una sterminata pianura coperta di neve o ad un campo polare di ghiaccio illuminato dalla luna, mentre, per un naturale contrasto col bagliore della superficie acquea, l'azzurro del cielo assume una tinta cupa e tenebrosa, quasi sovrastasse imminente procella.

La seconda e più comune forma di fosforescenza (meerleuchten), anzi quella alla quale sovente si attribuisce in via esclusiva questo vocabolo, consiste in un infinito e svariato scintillìo, diversamente vivo e diversamente colorato, che scoppia da tutte le acque, specialmente se mosse od urtate in un modo qualunque, sicchè « ogni onda che increspa il mare è una fiamma, ogni remo che fonde l'onda vi incide una ferita di fuoco, . . . ogni prova è un vomere incandescente, ogni pesce che guizzi è un baleno, e una mano che si agiti nell'acqua, vi suscita a piacer vostro un mondo di stelle (1) », e più meraviglioso di tutto, le ruote del piroscafo sollevano una vera fontana ardente da vincere i più splendidi fuochi d' artificio. Più che nei mari polari e temperati, frequente in quelli della zona torrida, in questi esso assume una potenza singolare ed una intensità tale da abbagliare lo sguardo, da illuminare in modo sensibile le stesse tolde delle navi e da agevolare le pesche notturne. Nel Mediterraneo, del resto, appare più frequente che nell'Adriatico, ma non manca nemmeno nelle acque lagunari, come, ad esempio, in quella di Venezia e di Grado (2).

La terza, e veramente assai rara, forma di fosforescenza è dal Giglioli descritta come « dei grandi dischi luminosi, sempre da uno a due metri sott'acqua, che si ponno paragonare ad una sequela di lampade *modérateur*, illuminanti una festa submarina, più vivi nella traccia o scia del bastimento, ma anche manifesti fuori dell' influenza dell' acqua spostata dalla chiglia; a luce talvolta intermittente, ma generalmente fissa ». Tali dischi, secondo alcuni viaggiatori, variano da 20 centimetri o 3 o 4 metri di diametro, seppure quest'ultimo dato (dovuto, del resto, al Darwin) non è un' esagerazione.

La causa della fosforescenza marina, di cui era noto specialmente il secondo modo di manifestazione, fu a lungo cercata e discussa nel secolo passato, e forse il merito di aver fatto entrare il problema in un giusto ordine d'idee spetta ad un italiano, al naturalista Giuseppe Vianelli di Chioggia, che ne trattò fin dal 1749 e che credeva di attribuirla a certi animaletti microscopici dotati di una propria fosforescenza, analogamente a quanto si riscontra nelle lucciole terrestri (Lampyris), che rendono così vaghe le nostre notti d'estate, come quello della sua soluzione spetta principalmente all'Ehrenberg. Di animali fosforescenti spettanti alla fauna marina adesso i naturalisti ne conoscono moltissimi, cominciando dai protozoi e terminando colle salpe, coi vermi, coi crostacei e cogli stessi pesci, senza che si possa sapere se tale fosforescenza provenga da apparati nervosi speciali, o rappresenti un particolare modo di essere dell' animale durante certe funzioni, come quella della sessualità, ovvero ancora stia in relazione colla potenza elettrica di cui molti di tali esseri sono dotati. I fenomeni luminosi generali e la scintillazione possono esser prodotti da qualsiasi dei generi accennati od anche da tutti insieme; ma quello dei dischi o delle lampade subacquee sembra dovèrsi attribuire sempre alla presenza di *medusoidi* o di varietà affini; come il fenomeno del « mar di latte » ormai si attribuisce, se non esclusivamente, almeno principalmente alla presenza di una o di un' altra specie di *noctiluca*, un protozoo piccolissimo ed estremamente diffuso. Qualche varietà di questo essere presenta dimensioni percepibili; ma qualche altra (come la *noctiluca miliaris*) è così piccola che si calcolò non minore di 30000 il numero degl'individui contenuti in un piede cubico di acqua marina così fosforescente. Noto questo, la mente si confonde, pensando allo sterminato numero di tali esseri che devono concorrere a produrre uno fra questi mari di latte. Già il fenomeno complessivo della fosforescenza presenta, a quanto possiamo

(1) STOPPANI, *La purezza*, pag. 77.
(2) Dove lo segnalammo noi, autore.

Digitized by Google

dedurre dalle odierne osservazioni, una generalità e un' estensione che non si sognavano un tempo. La nostra « Magenta », nel suo celebre viaggio di circumnavigazione, percorse circa 102000 chilom. in 489 giorni di navigazione. Ora il Giglioli asserisce che, per *quasi una metà* di quel tempo, il mare apparve in un modo o nell'altro fosforescente.

Ma se questo ci mostra la estrema diffusione, la costanza, e, stiamo per dire, la normalità del fenomeno, la copia enorme degli esseri microscopici che intervengono a produrlo può dedursi sapendo come qualche piroscafo, per alcune notti consecutive, ebbe sempre a navigare in mare di latte, mentre tutto ci autorizza a credere che soltanto la visibilità del fenomeno, ma non le cause che lo producevano, cessasse durante il giorno. Perciò le macchie marine che lo costituivano dovevano presentare delle dimensioni sterminate. Così non si giudica a meno di 1200 chilom. la estensione longitudinale di quel mare di latte attraversato nell' Indiano dalla « Nièvre » e dall' « Armide », due navi francesi, nell'agosto del 1880; e lo Stoppani calcola almeno pari a 300 chilom. la lunghezza di quello che nel 1873, traverso lo stesso Indiano, veniva solcato dal piroscafo italiano « Roma ».

Collegato con quello del coloramento delle acque marine è anche il fenomeno della loro trasparenza, a sua volta influenzato da diverse circostanze, quali purezza, temperatura, salsedine dell' acqua ed altre simiglianti. Anzi molte volte, come vedemmo, lo stesso coloramento è un semplice effetto di trasparenza, che lascia vedere le tinte del fondo o degli esseri che galleggiano nelle onde.

L'acqua marina si deve giudicare più trasparente di quella dei laghi e dei fiumi, senza che si possa attribuire la causa di questo fatto alla salsedine, com'è probabile, ovvero alla minore quantità di sostanze in sospensione. A parità di condizione, sembra altresì che la sua trasparenza cresca col crescere della salsedine, benchè le osservazioni finora condotte nei varî oceani diano risultati contradditorî. Così, secondo l'asserto del capitano Wood (veramente nel 1676), sulle coste della Nuova Zembla (Novaia Semlia) egli avrebbe potuto vedere i gusci dei molluschi ad una profondità di 145^{m}; e lo Scoresby assicura lo stesso per profondità di 130^{m}; mentre l'ammiraglio Milan ed altri, nel mar Caraibico, nel mar di Mindoro ed altrove, trovarono che la massima trasparenza non oltrepassa i 45^{m}. Del pari, servendosi di piastrelle candidissime, il Wallis nei mari indiani, il Secchi nel Mediterraneo, e il Pourtalés nell'Atlantico, trovarono limitata la trasparenza marina rispettivamente a 40, a 45 e a 50 metri. Di recente si fecero osservazioni di tal genere in aerostato. In tal modo A. Moret, nell'agosto del 1876, spintosi sopra Cherbourg fino a 1700^{m}, da quell'altezza scorgeva i più minuti particolari del fondo marino a profondità oscillanti fra 60 e 80 metri. È un fatto d'altra parte abbastanza noto che nell'acqua dolce la trasparenza aumenta nelle ore, nelle giornate e nelle stagioni fredde. Ad esempio, secondo il Forel, la trasparenza del lago di Ginevra, limitata a soli 6.6 metri nell'estate, arriva a 12.7 nell'inverno. Ora, non potrebbe consistere in una causa analoga a quella che produce tal fatto la maggiore trasparenza dei mari polari? Certamente che vi coopera anche la fauna più scarsa ch'essi albergano, a confronto dei mari caldi.

Fra le ricerche recenti fatte dall' « Hertha » nel 1880, nei mari Adriatico e Jonio, ve ne furono alcune dirette a trovare anche un coefficiente di estinzione della trasparenza, servendosi di dischi variamente colorati. E tenendo conto di varie correzioni, esse condussero a concludere che il cammino che la luce deve attraversare, per venir ridotta ad $^{1}/_{10}$ della propria forza luminosa, corrisponde a 48^{m}.1, qualora si tratti di dischi bianchi, colorati e levigati; a 37.0^{m}, se i dischi sono di ottone levigato; a 34.^{m}4, se sono di rame levigato; a 30^{m}.0, se sono colorati in verde.

Del resto, i limiti ai quali arriva l'effetto della luce nei fondi marini son posti ben oltre a quelli che potrebbero erroneamente dedursi dai numeri precedenti. Siccome poi la capacità di afferrare la luce varia da organismo ad organismo, forse vi sono degli esseri pei quali affatto tenebrosi non sono nemmeno i più profondi abissi oceanici. Ciononostante, all'occhio umano basterebbe scendere a una profondità di 230 o 250^{m} per raggiungere la zona nella quale per lui la luce apparirebbe affatto estinta. Più abbasso, forse, esso potrebbe continuar a distinguere gli oggetti, ma per virtù non tanto della luce del sole, quanto di quella proiettata dagli esseri fosforescenti di cui tenemmo parola.

2. È noto a tutti le acque del mare essere « salate ». Però colla voce « salato » il volgo accennerebbe a una condizione di cose diversa

Digitized by Google

da quella che intende collo stesso vocabolo di esprimere il chimico. Pel volgo il sale unico, quasi esclusivo, il sale per eccellenza, è il cloruro di sodio, cioè il sal di cucina, certamente il più diffuso o almeno uno dei più diffusi in natura, e quello di cui si fa il massimo consumo nell'alimentazione animale.

Ora il volgo ha ragione quando chiama salata l'acqua marina, come aveano ragione i latini, che chiamavano indifferentemente col nome di *sale* il mare e il suo principale prodotto chimico, poichè realmente fra le sostanze disciolte nel mare quella che si trova addirittura soverchiante fra tutte è il sal da cucina. Ma, accanto ad esso, trovansi molte altre sostanze, e, tra i sali, principalmente i cloruri di potassio e di magnesio, e i solfati di magnesio e di calce, e il carbonato di calce ed altri ancora. Anzi, dei corpi finora indecomposti, il Forchhammer da Copenhagen, ancora una trentina d'anni addietro, non ne riscontrava nell'acqua marina meno di 29, che le indagini moderne chimiche e spettroscopiche portarono a 32, ed è probabile non si fermeranno a questi. Tali corpi sarebbero l'ossigeno, l'idrogeno, il cloro, il jodio, il fluoro, il solfo, il bromo, il fosforo, il carbonio, l'azoto, il silicio, il boro, l'argento, l'oro, il rame, il piombo, lo zinco, il cobalto, il nichel, il ferro, il manganese, l'alluminio, il litio, il magnesio, il calcio, lo stronzio, il bario, il sodio, il potassio, l'arsenico, il cesio e il rubidio.

Ecco quindi quale sarebbe in media la composizione della salsedine esistente nell'acqua marina, secondo le diligenti indagini del Forchhammer. Su 1000 parti d'acqua i cinque sali più importanti avrebbero la seguente proporzione:

	Parti
Cloruro di sodio o sal di cucina	26.862,
» » magnesio	3.239,
solfato di magnesio o sal amaro	2.196,
» » calcio o gesso . . .	1.350,
cloruro di potassio	0.582,
sostanze diverse	0.071;
nel complesso	34.300,
acqua	965.700;
	1000.000.

Dalla tabella precedente si ricava dapprima che per ogni 1000 parti d'acqua in media nell'oceano se ne segnalano 34.3 di sostanze saline in esso disciolte. Poi, con un computo non difficile, si vede che siffatta sua salsedine è costituita prevalentemente da cloruri. Diffatti il solo cloruro di sodio rappresenta il 78.32 per cento della totale salsedine, quello di magnesio il 9.44, e quello di potassio l'1.69; nell'assieme ben 89.45 per cento della totale salsedine. Soltanto a grande distanza vengono i solfati, in modo che quello di magnesia ne costituisce il 6.40 e quello di calce il 3.94, assieme il 10.34 per cento. I carbonati rappresentano una proporzione piccolissima, poichè, pur uniti a tutto il residuo risultato dalle analisi, costituiscono appena il 0.21 per cento della salsedine complessiva.

Oltre alla salsedine, fra gli altri elementi, contenuti nell'acqua marina, alcuni scrittori, e fra gli altri il Maury, hanno dato una certa importanza, probabilmente maggiore di quella che veramente merita, alla presenza dell'argento, che venne rivelata dall'analisi del cosidetto metallo giallo, cioè di una lega metallica colla quale si rivestono le navi, per preservarle dalla corrosione dell'acqua marina. Il Maury, deducendolo da certi computi istituiti in proposito, forse sopra elementi troppo scarsi, credette di poter concludere che nell'oceano si deve trovare disciolta tanta quantità d'argento, da poterne costituire, se messo assieme, una massa di 2 milioni di tonnellate, cioè un valore di circa 360 miliardi di lire.

Infinitamente più importante apparisce la presenza dell'aria nell'acqua marina. Essa veramente si trova costituita da una miscela meccanica alquanto diversa nel rapporto da quella che costituisce l'aria atmosferica, la quale ultima si sa ch'è formata, in peso, da 77 parti di azoto e 23 di ossigeno, e in volume da 79 parti di azoto e 21 di ossigeno. Invece gli esperimenti condotti negli ultimi tempi mostrarono relativamente superiore la quantità di ossigeno contenuto nell'aria che si trova nell'acqua del mare. Difatti nel mare del Nord l'aria raccolta nelle acque superficiali apparve costituita di 34 parti di ossigeno e 66 di azoto, e, andando verso le regioni polari, l'ossigeno apparve più abbondante, cioè fino quasi al 37 per cento, e, movendo verso l'equatore, più scarso, cioè appena del 31 per cento. Un rapporto non molto diverso trovò il Buchanan in pieno oceano Pacifico, cioè in media il 34 (33.7) per cento, variabile fra il 35, presso i mari polari, e il 33 per cento, nelle zone degli alisei. Se ne dedusse quindi che, in generale, tale ossigeno cresce colle latitudini e quindi in senso inverso della temperatura.

In genere e a piccole profondità la quan-

Digitized by Google

tità dell'ossigeno diminuisce; ma poi a maggiori profondità aumenta daccapo, forse seguendo l'influenza della maggiore o minore diffusione della vita, specialmente animale, la cui esistenza è così strettamente collegata con tale prezioso, anzi essenziale elemento (1).

Generalmente il rapporto dei sali, che costituiscono la salsedine complessiva, si riscontra quasi inalterato in tutti gli oceani e dovunque, salvo i casi d'influenze locali.

Invece non si mantiene costante, nè uniforme, il rapporto della salsedine complessiva coll'acqua che ne è affetta, ma varia da mare a mare e anche nello stesso mare, secondo la profondità e secondo le stagioni.

Così generalmente la salsedine marina diminuisce come dall'alto mare si vada avvicinandosi alle coste. Parlando dei fiumi, già notammo come appunto in essi, e nel tributo di acque dolci ch'essi inviano al mare, risieda l'origine di tale fatto. Gli esperimenti condotti dallo Schleinitz e dal Campbell alle foci del Congo, dallo Schleinitz stesso alle foci del rio della Plata e da altri altrove, offrono splendide conferme a questo asserto.

È poi naturale che la salsedine si accordi da un lato collo stato igrometrico dell'aria e quindi col grado di evaporazione che da questa può derivare, e dall'altro colla quantità di pioggia o di neve che vi cade o che cade nel bacino, a cui serve di scolo il mare stesso, e quindi colla copia e colla portata dei fiumi che ne son tributarî (2). Anche in questo caso poi avviene che un mare molto profondo, e quindi fornito di una grande massa acquea, si risenta meno dell'azione di queste cause che un mare piatto e poco capace. Circostanze di questo genere dan ragione della differentissima salsedine, specialmente di alcuni mari chiusi. Così il Baltico, mare esposto a scarsissima evaporazione, ricco di grossi tributarî

(1) È singolare che le investigazioni inglesi, e specialmente quelle del dottor Carpenter nel Mediterraneo, farebbero credere che l'aria contenuta nelle acque di fondo di questo mare fosse costituita diversamente, quanto a proporzioni, da quella contenuta nelle acque dell'Oceano. Nell'oceano la quantità di ossigeno non è mai meno di $\frac{1}{3}$.; nel Mediterraneo non è mai più di $\frac{1}{12}$.: risultati che il Giglioli crede abbiano bisogno di conferma. GIGLIOLI, *Fauna abissale*, ecc., pag. 182.

(2) Una forte pioggia, anche prescindendo dall'influenza dei fiumi, può far scemare notevolmente in brevi ore la salsedine delle acque superficiali. Un esperimento condotto dalla nave « Hermes » il 4 agosto del 1859, nella Simonsbay, mostrò che una forte pioggia durata un'ora sola bastò a scemare il peso specifico dell'acqua da 1,027 a 1.019; e, perchè riprendesse lo stato anteriore, dovettero passare altre 6 ore. BOGULAWSKY, l. cit., pag. 156.

e poco profondo, presenta una salsedine oltremodo scarsa e senza confronto inferiore a quella del mare del Nord, posto pressochè alla medesima latitudine. Veramente la salsedine del Baltico va crescendo da nord a sud e dalle parti più insinuate dei singoli golfi che lo costituiscono alle più esterne; poi, nella parte sua mediana essa cresce alcun poco andando da ovest ad est, mentre nella meridionale cresce notevolmente andando da est ad ovest, come cresce rapidamente colla profondità, poichè l'acqua dolce dei fiumi sornuota sulla salata; così nei golfi di Finlandia di Botnia e di Riga non arriva d'ordinario a 0.5, ben rare volte a 0.8 per cento, e appena nelle parti più occidentali arriva al 2.0 per cento. Davanti ad Umea, nel golfo di Finlandia, e a Cronstadt, in quel di Botnia, si calcola a 0.4 e anche a 0.1 per cento. Invece a Fredericia, sul piccolo Belt, essa si ragguaglia ad 1.95 e ad Helsingör stesso, sul Sund di Copenhagen, essa è di 1.5 per cento (1). La salsedine cresce quindi, per vero dire, con curiose anomalie lungo il complicato canale che unisce il Baltico al mare del Nord, finchè in questo arriva al 3.0 e anche, presso Helgoland, al 3.5 per cento.

E in condizioni non molto diverse, quanto alla salsedine, trovasi il mar polare Artico, che va soggetto a parziali fusioni dei campi di ghiaccio e che riceve lo scolo degli enormi fiumi asiatici ed americani. Ed anche qui si nota alla superficie un velo d'acqua dolce o salmastra e, per trovarvi una salsedine normale, bisogna discendere a 20 o 30^{m} di profondità (2).

Anche il mar Nero, confrontato coll'Adriatico o col Mediterraneo, si trova, meno i rapporti di profondità, in una condizione analoga a quella ora accennata, e diffatti, mentre la salsedine del Mediterraneo varia da 3.6 e 3.9 e quella dell'Adriatico da 3.3 a 3.85, è molto se quella del mar Nero si possa valutare a 1.9 per cento.

Invece tipico per salsedine, secondo la teoria, dovrebbe essere il mar Rosso, esposto per tutto il suo lungo canale ad una plaga infocata ed aridissima, privo affatto di corsi d'acqua relativamente poco profondo e, meno soltanto

(1) ACKERMANN, *Ostsee*, citato, pag. 153 e seg.

(2) Cnfr. La bella recensione di G. DE SAPORTA, (*La glace dans les mers polaires*) del recente (1883) scritto del PETTERSON, *On the properties of water and ice*. In *Revue scient.*, 19 avril 1884, pag. 482 e seg.; vedi ancora H. MOHN, *Beiträge zur Hydrographie des Sibirischen Eismeeres, nach den Beobachtungen der « Vega » — Expedition im Sommer* 1878, in PETERM, *Mittheil*, 1884, pag. 250.

Digitized by Google

per anguste porte, in comunicazione coi mari esteriori. Difatti, analizzatane l'acqua dallo Schmidt, la sua salsedine appare la maggiore finora conosciuta, cioè eguale al 3.98, anzi, secondo altri, presso Suez, al 4.2 per cento.

Un'altra causa di concentrazione della salsedine marina, certamente meno generale e meno potente della evaporazione, risiede nel congelamento, poichè il ghiaccio è costituto quasi assolutamente di acqua pura, per cui, allorchè questa si tramuta da liquida a solida, la salsedine si concentra nella porzione rimasta ancor liquida. Siccome tuttavia avviene che nei ghiacci marini si riscontri talvolta una certa quantità di sale, la presenza di questo si spiega col fatto che nel congelamento può ben avvenire che qualche cristallo salino, o qualche velo di acqua salata, rimanga intercluso nei massi di ghiaccio. Recenti ricerche (1) misero in luce anche un altro fatto, cioè che la congelazione divide l'acqua in due parti, non già una salata (liquida) e l'altra pura (ghiaccio), bensì entrambe dotate di un certo grado di salinità; sicchè la differenziazione sta in questo che nella composizione dei sali del ghiaccio prevalgono i solfati, in quella dell'acqua che rimane libera prevalgono i cloruri. Perciò l'effetto della congelazione delle acque marine si manifesterà forse mediante un leggero aumento della salsedine della porzione rimasta liquida, ma sopratutto mediante un aumento nei cloruri che concorrono appunto a costituire siffatta salsedine (2).

In questa e nelle altre ricerche di tal genere si possono poi ottenere risultati assai diversi, giusta le condizioni di temperatura e di pressione nelle quali i ghiacci si producono, e parimenti a seconda che l'acqua si raccolga al di sopra o al disotto della crosta dei ghiacci, presso lo specchio del mare o a certe profondità.

Dalle varie circostanze accennate, dal diverso tributo dei fiumi e dei mari mediterranei e periferici, dall'azione del congelamento e da quella, che adesso non possiamo svolgere debitamente, delle correnti, proviene il fatto che neanche negli oceani aperti la salsedine, come potrebbe parer ragionevole, non si trova crescere in un rapporto inverso colle latitudini. Anzi si può generalmente ritenere che la zona della massima salsedine sia quella degli alisei, venti generalmente freddi ed asciutti, epperciò forniti, come si riscaldano, di forte capacità igrometrica; quindi segua due fascie poste alquanto a mezzogiorno e alquanto a settentrione dell'equatore, in modo che la salsedine dell'acqua vada scemando come ci approssimiamo tanto alla zona delle calme equatoriali (cioè quella delle pioggie e dell'anello nubiloso), quanto alle maggiori latitudini, sotto le quali precipitazione ed evaporazione di consueto si compensano (Fig. 424).

3. Questo argomento della salsedine è tanto e così intimamente legato con quello del peso specifico dell'acqua, che noi non possiamo condurlo a termine isolatamente. È noto che, quando, giusta il nostro sistema metrico decimale, noi diciamo che un litro d'acqua pesa un chilogramma, se vogliamo esser corretti, intendiamo un litro d'acqua distillata alla temperatura di 4°, cioè a quella della massima densità. Ma qualsiasi sostanza che si trovi disciolta nell'acqua concorre ad alterarne il peso specifico, che più non si riscontrerebbe esattamente eguale a un chilogramma, nemmeno per la più pura acqua di fonte. Peggio poi si è per l'acqua marina, la densità della quale è notevolmente alterata dalla rilevante quantità di sale che contiene in dissoluzione.

Naturalmente questo peso specifico dell'acqua marina varia da luogo a luogo, secondo due elementi principali: grado della salsedine e temperatura. A parità di temperatura, quanto maggiore è la salsedine tanto più cresce il peso specifico dell'acqua; a parità di salsedine, il peso specifico s'aumenta col diminuire della temperatura, e ciò fino ad un limite che non s'arresta già, come nell'acqua dolce, ai + 4° del centigrado, ma scende fra — 2° o — 3°, e quindi sotto il punto di congelamento.

Siccome riesce penoso, lungo e difficile determinare esattamente il grado di salsedine dell'acqua marina, mediante l'analisi chimica, mentre è molto più agevole determinare il suo peso specifico, e d'altra parte i due elementi camminano assai d'accordo, così si pensò di dedurre quel primo elemento dal secondo, eliminando le influenze della temperatura, correggendo la densità in rapporto della medesima. Perciò si fissò, come punto di riduzione della temperatura delle acque, i 60° di Fahrenheit, vale a dire i 15°6 del centigrado. Data una tale temperatura per un peso specifico variabile fra i limiti di 1.024 e 1.029,

(1) SAPORTA, loco cit., pag. 488.

(2) Tale fatto sarebbe anche confermato dalle recenti analisi dello Schmelck, il quale chimico norvegese trovava più carica di acido solforico e di solfati l'acqua marina a sud, che non a nord, del circolo polare artico, entro il quale parallelo la formazione del ghiaccio predomina. Cnfr. SAPORTA, *Études chimiques sur l'Océan Boréal*, in *Revue scientif.*, 28 giugno 1884, pag. 808.

Digitized by Google

limiti di rado oltrepassati nell'ampio oceano, secondo l'Erman, vale la seguente tabellina di ragguaglio:

Peso specifico alla temper. di 15°3 cent.	Salsedine per 1000 parti d'acqua
1.025	33.77
1.026	35.05
1.027	36.34
1.028	37.64
1.029	38.95

Ora, ecco quali si riscontrano generalmente le condizioni dei grandi oceani, rispetto al peso specifico e quindi alla temperatura.

Nell'Atlantico come nel Pacifico il peso specifico delle acque si riscontra maggiore nelle parti meridionali che non nelle settentrionali.

Così, per esempio, i due elementi ora indicati nell'Atlantico settentrionale, diviso per zone di 5.° ciascuna, presentano i seguenti valori medî (Fig. 424).

Zone	Peso specifico	Salsedine per mille
55°-50°	1.0267	34.8
50 -45	1.0269	35.1
45 -40	1.0269	35.2
40 -35	1.0274	35.8
35 -30	**1.0278**	**36.3**
30- 25	1.0276	36.1
25 -20	1.0276	36.2
20 -15	1.0273	35.7
15 -10	1.0269	35.2
10 - 5	1.0265	34.7
5 - 0	1.0266	34.7

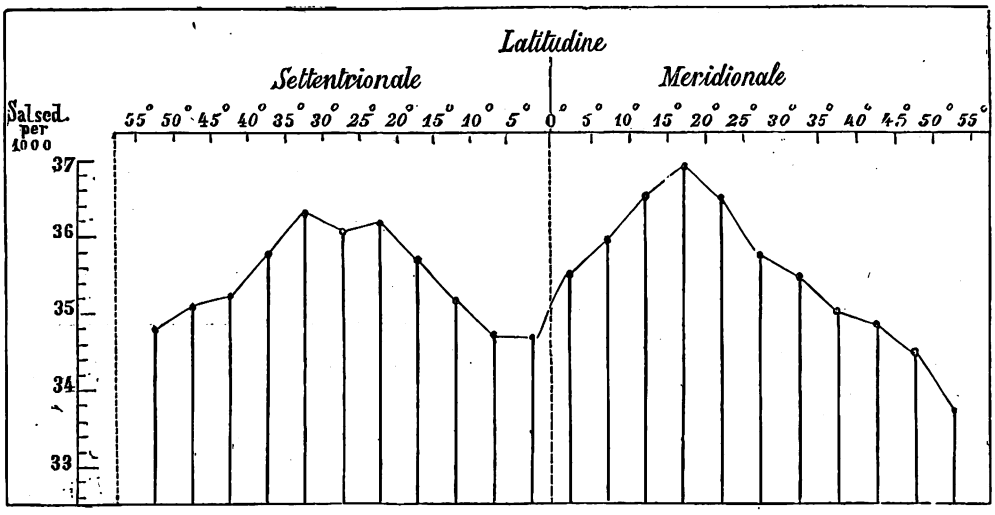


Fig. 424. — Distribuzione della salsedine nell'oceano Atlantico.

Invece nell'Atlantico meridionale, per gli stessi elementi, abbiamo questi valori:

Zone	Peso specifico	Salsedine per mille
55°-50°	1.0258	33.7
50 -45	1.0264	34.5
45 -40	1.0267	34.9
40 -35	1.0268	35.0
35 -30	1.0272	35.5
30 -25	1.0273	35.7
25 -20	1.0278	36.5
20 -15	**1.0282**	**39.6**
15 -10	1.0279	36.5
10 - 5	1.0274	35.9
5 - 0	1.0272	35 5

Facendo una media fra i varî numeri, si vede del resto che la differenza è piccolissima, poichè il peso specifico medio dell'acqua nell'Atlantico settentrionale corrisponde ad 1.0271 e nel meridionale ad 1.0272 e le rispettive salsedini a 35.4 e 35.5 per mille. Nel Pacifico le differenze sono sensibilmente più forti.

Più rilevante nell'Atlantico è la differente distribuzione dei due elementi rispetto all' equatore. Così, nella sua parte settentrionale, la zona della più forte densità e della più forte media salsedine sta fra 30 e 35°, nella meridionale fra 15 e 20°; quella della minima media nel settentrionale sta fra 10 e 5°, cioè vicinissima all'equatore, nel meridionale fra 50 e 55°, cioè alla più grande distanza da tale linea.

Quanto alla regione del massimo peso specifico (1.0285) nell'Atlantico settentrionale, si trova ch' essa casca fra le Azorre, le Canarie e le isole del capo Verde, cioè fra 35° e 25° di latit. e 30° e 20° di long. O. da Greenwich.

Nell'Atlantico meridionale hannovi invece

Digitized by Google

due centri di massima densità assoluta, uno intorno a S. Elena e fra questa e l'isola dell'Ascensione, e l'altro a nord della Trinidad. In entrambi il peso specifico raggiunge l'accennato valore di 1.0285.

Nel Pacifico le differenze fra il peso specifico dei due bacini, settentrionale e meridionale, sono più forti che non nell'Atlantico. Una media qui non si può dare. Però la regione di concentrazione meridionale, che casca intorno alle isole della Società, circa a 19° di lat. S.ª, presenta una densitàdi 1.0272, contro quella di 1.0264, presentata dalla zona di concentrazione settentrionale, che casca intorno al 30° $\frac{1}{2}$ di lat. N. Com'e facile vedere, entrambi questi numeri sono notevolmente più bassi di quelli ch'esprimono il peso specifico delle acque nelle varie zone di concentrazione dell'Atlantico, come pure anche il minimo equatoriale del Pacifico (1.0264) sta al disotto di quello dell'Atlantico.

Le scarse osservazioni condotte nell'oceano Indiano, in esso mostrano una salsedine minore senza dubbio di quella dell'Atlantico, e anche probabilmente di quella del Pacifico meridionale. Di piu vi si nota una sola plaga di concentrazione, dove l'acqua presenta un peso specifico di 1.0274 (ridotta a 17°.5) e che sta fra 20 e 36° di lat. S. e 60 e 80° di long. E da Greenwich, cioè spetta alla zona dove domina l'aliseo del SE. fra l'Africa e l'Australia. La mancanza di un corrispondente centro di condensazione nella parte settentrionale dell'Indiano proviene senz' altro dal fatto che gli alisei del NE. non vi soffiano se non durante una metà dell'anno.

L'oceano Artico, nelle parti sue più esplorate, si trova decisamente influenzato dalle correnti dell'Atlantico. Presso le Faröer esso presenta una densità di 1.0270, corrispondente ad una salsedine di 35.5 per mille, valori che scemano di poco andando verso settentrione, poichè presso l'isola degli Orsi ammontano rispettivamente ancora a 1.0267 e a 35.2.

E soltanto a ponente dello Spitzberg che la salsedine cala a 34.8 e anche a 33.5, rimanendo pure considerevole. Invece le acque del mar Bianco, che, per la sua posizione, è sottratto alle influenze delle correnti oceaniche, mentre riceve un tributo proporzionalmente assai considerevole dalle correnti terrestri, presentano un peso specifico di 1.020 e una salsedine del 26.0 per mille.

SALSEDINE A VARIE PROFONDITÀ.

Accennammo come il peso specifico e la salsedine variino colla profondità. Però tale variazione non apparisce uniforme, nè pel valore nè pel verso in cui si manifesta. Così, in genere, negli oceani aperti, limitando le osservazioni allo strato acqueo interposto fra 0 e 550^m, si osserva che nelle acque spettanti ad una zona di condensazione e quindi dove il peso specifico superficiale è maggiore di 1.0270, col crescere della profondità, esso diminuisce. Se il peso specifico alla superficie

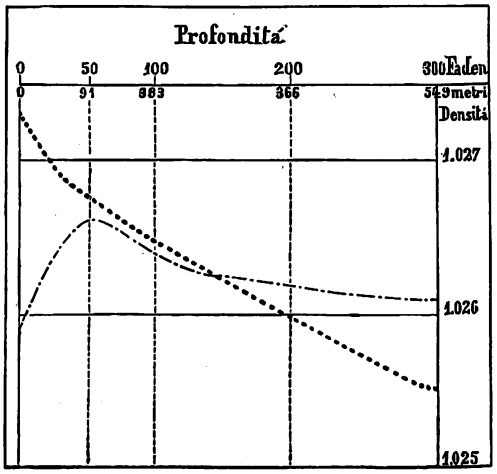


Fig. 425. — Rapporto della salsedine colla profondità in luoghi diversi. (—·—·—· alla lat. 3°. 8' N; ..... alla lat. 26° 16 N).

presenta un valore più scarso, esso aumenta per un centinaio di metri, poi scema daccapo ma assai lentamente. Un bell'esempio di tal fatto può venir offerto dalle due seguenti serie di osservazioni, istituite nell'Atlantico dal « Challenger », nel 1873 (Fig 425).

Profondità in metri	Peso specifico osservato alla lat. 3° 8' N.	alla lat. 26° 16' N.
0	1.02591	1.02703
91	1.02658	1.02682
183	1.02643	1.02649
366	1.02620	1.02608
550	1.02610	1.02554

Per le maggiori profondità, il Buchanan ha trovato la seguente regola che, cioè: il peso specifico dalla superficie, o dallo strato immediatamente a questa sottostante, diminuisce fino alla profondità oscillante fra 1460 e 1830^m e poscia di nuovo aumenta sino al fondo. Questa regola vale tanto per l'Atlantico quanto pel Pacifico. Nell'Atlantico meridionale però la densità dell'acqua nel fondo oscilla fra 1.0257 ed 1.0259, mentre nel settentrionale cresce fin a 1.0262 e a 1.0263, cioè

Digitized by Google

si avvicina molto di più a quella della superficie.

Nelle parti dell'oceano Artico che stanno fra l'Islanda e l'isola degli Orsi, gli studî sul peso specifico e sulla salsedine a varie profondità, messi in accordo con quelli intorno alla temperatura, chiarirono assai bene lo scambio che ivi ha luogo fra le acque polari e le equatoriali portatevi dalla corrente del golfo; come le ricerche istituite su quei primi elementi nei mari di Cara, di Barends e in quelli del passaggio Nord-ovest, diedero curiosi esempi dell'influenza che i ghiacci, sciogliendosi, esercitano nell'addolcire l'acqua marina, dacchè in molti luoghi si osservò che alla superficie il peso specifico dell'acqua spesso corrispondeva a 1.020 o 1.010, talvolta persino appena ad 1.001 od 1.002, per diventare uguale a 1.024 e più ancora, appena giunti a 60 o a 70^{m} di profondità.

Questo crescere notevole dei due elementi, densità e salsedine, in relazione colla profondità, si manifesta rilevante in alcuni mari interni. Eccone un esempio. Nel Cattegat densità e salsedine corrispondono a 1.0164 e a 21.5 per mille alla superficie, e crescono a 1.0223 e a 29.2 nel fondo; nello Scagerrak da 1.0227 e 29.7 s'aumentano analogamente a 1.0270 e 35.4, e finalmente nel Baltico, in alcune località bastano pochissimi metri di profondità per produrre un effetto del tutto corrispondente. Così presso a Sonderburg, nella parte più occidentale del Baltico, l'acqua superficiale presenta una densità di 1.0150 e una salsedine di 19.7, e a soli 18.3^{m} di profondità i medesimi valori diventano rispettivamente 1.0162 e 21.2.

Anche nel Mediterraneo si nota un deciso accrescersi del peso specifico colla profondità. Qui però il fenomeno non ha luogo, come nei mari polari e nel Baltico per lo scioglimento dei ghiacci, o pel galleggiare che l'acqua dolce importata dai fiumi fa sull'acqna marina, quanto dal fatto che l'evaporazione succede assai rapida e potente, e che essa accresce la salsedine e quindi aumenta il peso dell'acqua in ragione più forte che non ne scemi il peso la cresciuta temperatura. L'acqua salata, diventata più pesante, cala al fondo, mentre determina l'ascesa verso la superficie dell'acqua del fondo meno salata e più leggiera.

La quantità d'acqua che l'evaporazione asporta annualmente dal Mediterraneo si computa corrispondente ad uno strato liquido esteso sopra tutta la superficie ed elevato 1.^{m}27, (numero che noi veramente reputiamo un minimo piuttosto che una media), mentre l'acqua che vi precipita sotto forma di pioggia o di neve non si stima maggiore di 0^{m}57.

Da ciò una perdita annua di oltre 2000 chil. cub. d'acqua, che per $^{1}/_{3}$ circa viene compensata dal tributo dei varî fiumi, ma che pel rimanente, cioè per 1300 o 1400 chilom. cub. dev'essere rimessa dall'oceano Atlantico a mezzo dello stretto di Gibilterra. E difatti una forte corrente superiore di acqua, salata meno che non quella del Mediterraneo, penetra nel nostro mare attraverso quello stretto, scorrendo sopra una controcorrente molto salata che continuamente ne esce. Anche se non assoluta ed esclusiva, certamente questa è una delle cause, per le quali la salsedine del Mediterraneo cresce come si proceda da ponente verso levante, e si manifesta massima (cioè talvolta anche eguale a 3.93 per cento) nel mare interposto fra Candia e le coste africane. Quanto alla densità, il Carpenter la trovava: nella parte occidentale pari ad 1.0274, nella orientale presso Sicilia ad 1.0280, fra Malta e Candia tra 1.0284 ed 1.0288, sulle coste dell'Africa pari ad 1.0293. Questo stesso od analogo procedere si manifestò nel Mediterraneo settentrionale, nel mar Ionio ed altrove.

Il crescere del peso specifico col crescere della profondità apparisce molto naturale nello stretto di Gibilterra, una volta che sia nota l'esistenza delle due controcorrenti, che vi s'incontrano. Difatti fin dal 1859 il Baumahuer riscontrava che, mentre ivi alla superficie essa era uguale ad 1.02697, a 550^{m} di profondità diventava di 1.02856. Ma le esplorazioni più recenti confermarono lo stesso fatto per profondità spinte sino circa a 3200^{m} presso Malta, fino a 650^{m} sulle coste africane, e fino a 2400 nel mare interposto fra la Corsica e la Francia.

Nell'Adriatico la copia d'acque che la sua estremità settentrionale e in genere la sua parte occidentale riceve, rende naturale che vi si manifesti una minore salsedine e che questa vada crescendo da maestro a sirocco e da ponente a levante. Lasciando da parte le acque lagunari, peso specifico e salsedine, appunto andando da maestro a sirocco, variano almeno durante l'estate, da 1.0252 e dal 33.0 per mille a 1. 0294 e al 38.5 per mille. Tali elementi crescono pure dalla superficie verso il fondo, salvo i casi in cui il tributo di acque dolci assai fresche e molto pesanti non arrechino dei locali rovesciamenti a questa ch'è la condizione comune.

Del mar Nero e del Rosso facemmo cenno. Per quello, aggiungiamo adesso soltanto che

Digitized by Google

l'azione dolcificante dei fiumi sembra manifestarvisi con grande analogia coll'Adriatico, cioè mediante un grande aumento della salsedine da mezzogiorno a settentrione.

4. Ci rimane adesso da trattare ancora di un soggetto importantissimo, intorno al quale, come intorno a molti fra quelli ultimamente toccati, questa seconda metà del presente secolo vide accumularsi numeroso materiale di notizie, frutto di ricerche accurate e diligenti. Alludiamo al fatto della temperatura delle acque marine.

Accennando al lavoro utilissimo ed estremamente copioso, condotto nell'ultimo trentennio intorno alla temperatura dei mari, noi non intendiamo di dire che, prima di quest'epoca, nulla si fosse fatto in proposito. Già dal principio del secolo decorso, nel 1706 e nel 1707, il Marsigli aveva istituiti dei confronti fra la invariabilità della temperatura dell'acqua marina del golfo di Lione e quella dell'aria sovrincombente. Ed importanti studî sul variare della temperatura colla profondità furon pur fatti pure nel secolo scorso dal Donati nell'Adriatico, dal Péron lungo le coste dell'Australia e da altri. Lo stesso De Saussure, che aveva portato largo contributo di studî e di ricerche al problema della temperatura delle acque nei laghi, specialmente svizzeri e savojardi, non mancò di confrontarne i risultati con quelli ottenuti nel Mediterraneo (1). Quindi analoghe ricerche vennero compiute dall'Ellis (1749), dal Forster (1772), dallo Scoresby (1810 e 1822), dal Parry, dal Ross, dal Sabine e da infiniti altri, nelle numerose spedizioni scientifiche o di esplorazione condotte nel secolo passato e in questo.

Senonchè, a dare risultati utili e duraturi in questa sorta di investigazioni, fin mezzo secolo fa si opponevano ragioni varie, cominciando dalla costruzione e dal modo di locomozione dei bastimenti, che, essendo a vela, non si prestavano ed esplorazioni ordinate e metodiche, e terminando con la insufficienza e coi difetti degli strumenti destinati a misurare la temperatura delle grandi profondità, e solo da pochi anni costruiti in modo da soddisfare all'esigenze della solidità, come della sincerità delle osservazioni che si vanno facendo.

Un certo ritardo nel progresso delle idee riguardanti la temperatura delle acque marine si deve attribuire, anche in questo caso, alla prevalenza di alcuni concetti sistematici, frutto delle prime osservazioni incomplete o forse delle prime deduzioni alquanto premature.

Così, dapprincipio, essendo stato riscontrato come la temperatura delle acque presso il fondo dei laghi si aggirava intorno ai 4 o 5 gradi del centigrado, qualunque fosse la loro temperatura superficiale, si potè ritenere che ciò provenisse dal fatto che l'acqua presentava la sua massima densità appunto alla temperatura di $+4^{\circ}$ e che perciò le acque aventi una tale temperatura dovessero occupare i fondi dei bacini lacustri, perchè trascinatevi dal proprio maggiore peso. Analogamente i fondi marini dovevano, qualsiasi fosse la loro profondità, essere riempiuti da acqua a quella temperatura e a quella stessa densità.

Basato su tale considerazione e sopra le osservazioni istituite durante la spedizione nei mari antartici, da lui condotta ha il 1840 e il 1843, il celebre James Ross espose una specie di legge, secondo la quale la temperatura delle acque nei mari equatoriali doveva attingere il suo minimum, cioè i 4°, a 2200^{m} dalla superficie. Da questo punto e andando verso i poli, lo strato d'acqua avente tale temperatura e la conseguente densità massima, seguiva una curva che si avvicinava sempre più al pelo dell'acqua, finchè arrivava a toccarlo, almeno nell'emisfero meridonale sotto la latitudine di 50°, per abbassarsi di nuovo (e fino a 1400^{m}), procedendo ancora verso il polo, mentre tuttavia le acque superficiali continuavano a raffreddarsi. Con ciò, mentre nei mari interposti fra il 50° di latitudine a nord e a sud dell'equatore la temperatura dell'acqua marina dovea diminuire colla profondità fino al limite accennato quella dei mari posti a più alte latitudini doveva crescere. Senonchè le indagini già al tempo del Ross condotte dal Marcet (1819), dal Muncke e da altri, e sopratutto quelle del Despretz (1837), più tardi confermate dal Neumann, aveano messo in luce il fatto che, nei rapporti della densità colla temperatura, l'acqua salsa si contiene ben diversamente dall'acqua dolce. Questa, s'è pura, si congela a 0° e presenta la massima densità a $+4^{\circ}$. Invece l'acqua salsa presenta variabili questi due punti critici in ragione del grado stesso di salsedine, dal quale è affetta, in modo che quanto essa è più salata, tanto più è bassa la temperatura di congelamento e di massima densità

(1) De Saussure. *Voyage dans les Alpes*, Neûchatel, 1787-1796. §. 47, 396, 400, 1390 e seg.

Digitized by Google

Così, per es., il Rossetti (1868), eseguendo le sue esperienze sulle acque dell'Adriatico, trovò che il maximum di densità (ridotta a 20°) alle densità di 1.0267 e 1.0281 corrisponde a — 3°21 rispettivamente e a — 3°.90, e che la temperatura di congelamento nei due casi accennati si può fissare a — 1°.90 e a — 2°.10. Con questo, egli veniva a confermare pienamente le deduzioni del Despretz e del Neumann. Quel primo dotto ricercatore avea trovato che l'acqua marina avente una densità massima di 1.0273 (ridotta a 20°), la raggiunge a —3°67, mentre la temperatura di congelamento corrisponde a —1°.84. Per di più esso confermava un'altra regola dovuta al Despretz, e cioè: che la temperatura del maximum di densità nelle acque salse si abbassa, crescendo la salsedine, in modo più rapido che non il punto di congelamento.

Ecco quindi quali sarebbero, secondo il Rossetti e il Karsten, le temperature rappresentanti il maximum di densità e il punto di congelamento dell'acqua marina a diversi gradi di salsedine:

Salsedine per 1000	Maximum di densità	Punto di congelamento
10	+ 1.6	—0.7
20	—0.8	—1.1
30	—3.5	—2.4
40	—6.1	—2.6

Per quanto poi questi risultati si vogliano almeno in parte infirmare, obiettando essere diverso il contegno delle acque in grandi masse e assoggettate a condizioni differenti da quelle sotto le quali si possono eseguire gli sperimenti del chimico o del fisico, certo è ch'essi nelle generalità riescirono confermati dalle recenti investigazioni marittime. Anzi è precisamente sugli effetti provenienti dalle differenti condizioni della salsedine in relazione colla densità e colla temperatura, giusta le leggi ora accennate, che si basano alcune delle più importanti e curiose regole della circolazione oceanica, recentemente scoperte.

Quando si prende a considerare la diffusione della temperatura nell'oceano, si sarebbe tentati di applicare ad essa le leggi dell'analogia con quanto riscontriamo o nella parte solida del globo o nell'involucro atmosferico che lo circonda. Così, per esempio, sapendo come, oltrepassata la zona a temperatura costante, il calorico dovunque cresca negli strati del sottosuolo in ragione diretta colla profondità, in modo da produrre un accrescimento di 1.° per ogni 30 o 40^{m}, si potrebbe arguire che analogo fenomeno dovesse ripetersi nell'oceano. In tal caso le acque marine a 3000 o 4000^{m} di profondità dovrebbero trovarsi in uno stato di ebollizione perenne, e in quei maggiori abissi, di 7 e più mila metri, che, dopo quanto dicemmo intorno alle profondità marine, sappiamo trovarsi non tanto rari nei mari aperti, le temperature dominanti dovrebbero corrispondere a 200 e più gradi. Questo concetto, teoricamente giusto, non soltanto non trova conferma in nessun luogo, ma è anzi pienamente contraddetto dai fatti.

Invece l'oceano acqueo presenta una molto maggiore analogia coll'oceano aereo. Entrambi distesi nella parte superficiale del globo, entrambi diatermani e trasparenti, entrambi dotati di grande mobilità, sembrerebbe che, rispetto alla diffusione della temperatura, offrissero quasi lo stesso modo di contenersi.

Però fin dalle prime si notano in essi delle differenze fondamentali. Così è noto che l'atmosfera si riscalda principalmente dal basso. Dei raggi termici che l'attraversano, pochissimi restano assorbiti nel loro passaggio; il maggior numero attinge il suolo e lo riscalda; gli strati aerei inferiori si riscaldano per contatto e per contatto trasmettono il calore così acquistato agli strati superiori. Qualora gli strati d'aria riscaldati per rarefazione si alleggeriscano più di quelli che loro sovrincombono, determinano pure una corrente ascendente, che con maggiore sollecitudine porta alle zone superiori la più alta temperatura di cui son provvisti.

L'acqua marina si riscalda invece dalle parti superiori alle inferiori. La sua diatermanità è molto minore di quella dell'aria, sicchè gli effetti termici del sole diventano nulli a pochi metri di profondità, come già a un centinaio o due di metri diventano nulli gli stessi effetti luminosi. La trasmissione del calore quindi è compiuta parte per contatto da strato acqueo a strato acqueo, e parte con un altro veicolo, sempre, ben inteso, qualora si tratti di acqua salsa. Poichè giova rammentarsi come uno dei primi effetti del riscaldamento sia la evaporazione, e come questa cooperi ad aumentare la salsedine e quindi il peso specifico dell'acqua superficiale. Ne proviene un movimento di discesa delle particelle acquee divenute così più salate e più pesanti e che in tal modo assumono l'ufficio di trasmettere agli strati inferiori la temperatura assorbita alla superficie. Ma siffatta

Digitized by Google

funzione non ha luogo ugualmente nè in tutte le ore del giorno, nè in tutte le stagioni dell'anno: anzi può avvenire che nelle ore e nelle stagioni fredde, essendo quasi eguale la salsedine degli strati a diversa profondità, le acque della superficie, in seguito a raffreddamento derivato dalla irradiazione o dal contatto cogli strati inferiori dell'atmosfera, aumentino la propria densità e quindi scendano al fondo, apportatrici stavolta di abbassamento e non di aumento nella temperatura. Il processo si complica ancora laddove avviene formazione di ghiacci, i quali fin ad un certo punto esercitano, come vedemmo, un' azione analoga a quella dell' evaporazione, vale a dire aumentano la salsedine e la densità dell'acqua, nella quale si formano, e d'altra parte ne impediscono un eccessivo raffreddamento.

Da tutto questo proviene che, mentre, ad esempio, per l' atmosfera si può accettare come semplice regola generale che la temperatura diminuisce col crescere dell' altitudine, una regola simmetrica a quella, cioè la regola che la temperatura delle acque marine diminuisca col crescere della profondità, pur verificandosi in molti casi, non può vantare un carattere di generalità (1). E come di questo, dicasi di altri modi di contenersi dell'oceano e dell'atmosfera rispetto al calorico.

V'è tuttavia una cosa, nella quale si deve notare un'intima connessione fra i due elementi, ed è la influenza che uno esercita sull'altro allorchè si trovano in contatto immediato, il che vuol dire, giova tenerne conto, sopra quasi quattro quinti della superficie terrestre. È un fatto che fra la temperatura dei più bassi strati atmosferici e quella degli strati marini sui quali immediatamente essi incombono, passa costantemente e dovunque (salvo temporarie e brevissime deviazioni) una differenza assai piccola, cioè tale che, in regola generale, si può ritenere l'aria essere di appena 1° più fredda dell' acqua che la sopporta. E quello che apparisce più curioso si è che, dei due elementi, il fattore più efficace non è già l'aria, ma appunto l'acqua.

A dar ragione di questo fatto, vale anzitutto la capacità calorifera molto maggiore nell'acqua che non nell'aria, anzi tale che un abbassamento di 1.° nella temperatura di un chilogramma d' acqua è sufficiente a riscaldare di altrettanto 4 chilogrammi d'aria, o, in altre parole, un metro cubo d'acqua può riscaldare più che 3000 metri cubi d'aria.

Questa circostanza della enorme influenza dell' acqua sull' aria, esercita un' importanza grandissima sopra l' intera economia meteorologica del globo. Imperocchè la diatermanità dell'acqua, la sua scarsa conducibilità, la evaporazione degli strati superficiali, le correnti ascendenti e discendenti ed altre cause ancora, rendono molto lento il suo riscaldarsi nelle ore e nelle stagioni calde, molto lento il suo raffreddarsi nelle ore e nelle stagioni fredde: in una parola determinano una grande costanza nella temperatura delle acque marine: costanza che contrasta notevolmente colla forte variabilità alla quale son soggette le parti asciutte del globo, specialmente se prive di vegetazione; ma che d'altra parte, in causa dell'accennata influenza dell' acqua sull' aria, determina altrettanta costanza di temperatura nelle porzioni di atmosfera sovrastanti agli oceani. Ne avviene che gli oceani e l'aria che loro sovrincombe nel verno e nella notte, cioè nei periodi freddi, appariscono più calde, e nella state e nelle ore diurne, più fresche dei continenti e dell' aria che loro sovrasta: fenomeno importantissimo per la distribuzione del calorico sulla superficie del globo e mercè il quale i mari fungono da moderatori degli eccessi termici e da fattori efficaci della circolazione atmosferica, come avremo occasione ancora di affermare.

Del resto, quando dicemmo che la temperatura dell'acqua è dovunque di qualche poco più alta di quella dell' aria sovrincombente, intendemmo di dare una regola generale sì, ma non assoluta. Difatti numerose osservazioni (cioè non meno di 25000) istituite da vari osservatori, nell'Atlantico fra le latitudini di 20° N. e 10° S., e raccolte dall' ufficio londinese di meteorologia e calcolate dal Toynbee, gli diedero i seguenti risultati.

(1) A questo, proposito e in relazione a quanto diremo più avanti, segnaliamo ai lettori questo passo, che il Faye riporta dal *Voyage autour du Monde*, scritto dal DE TESSAN nel 1838, e che quindi per tale data assume una speciale importanza: « La temperatura di 1°.4 da noi trovata sotto l'equatore alla profondità di 3740^{m} è degna di attenzione e prova evidentemente una comunicazione diretta e sottomarina fra i mari polari ed equatoriali. Il confronto fra questa e la temperatura che si troverebbe sotto il suolo alla medesima profondità e che si può stimare eguale a circa 150°, fa vedere quale notevole perturbazione sia portata dal mare nella regolarità delle superficie isotermiche del globo. Alzandosi sopra lo specchio marino di 3740^{m}, cioè di quanto questo punto si trova depresso sott'esso, troveremmo sensibilmente la medesima temperatura di 1.°1 di guisa che le due zone isotermiche di 1°.4 si trovano, in questi paraggi, discoste una dall'altra di circa due leghe di posta, o, diremo noi, di 7 chilometri e $\frac{1}{2}$ » FAYE *Comparaison de la lune et de la Terre au point de une géologique*, in *Ann. du Bureau* ecc. *pour l'an* 1881, pag. 697.

Digitized by Google

Tra i meridiani 10° e 40° O. da Greenwich e i paralleli 20° e 10° di latit. N., l'acqua si mostra più *calda* dell'aria nei mesi dal luglio al febbraio, più *fredda* dal marzo al maggio, e in giugno *eguale* per temperatura a quella dell'aria. Tra il parallelo 10° N. e l'equatore, l'acqua è tutto l'anno più *calda* dell'aria; ma fra l'equatore e 10°S. dal marzo all'agosto l'acqua è più *calda* e dal settembre al febbraio più *fredda* dell'aria.

In complesso adunque, in tutta la regione accennata, che comprende una trentina di gradi tanto in latitudine quanto in longitudine, la temperatura dell'acqua è più *alta* di quella dell'aria, però con qualche deviazione. Un'idea delle differenze nei valori di queste temperature e nelle epoche in cui cascano gli estremi si può dedurre da questo che la massima delle medie mensili per la temperatura dell'aria si nota fra 0° e 10° S., succede in aprile e ammonta a 27°.2; per quella dell'acqua cade nella medesima zona e nella stessa epoca e sale a 27°.2; la minima si nota nella zona fra 20° e 10° N. e per l'aria casca in settembre con 21°9, mentre per l'acqua succede in ottobre con 22°2.

Altrove si notano pure delle differenze analoghe alle precedenti ed anche di maggiore importanza. Così la zona di 20 gradi in latitudine e di 30 in longitudine che sta fra i paralleli 30 e 50° S. e a levante del 10° meridiano O. da Greenwich, presenta nella sua parte settentrionale il mare più *caldo*, nella meridionale più *freddo* dell'aria sovrastante; in modo che la linea, lungo la quale le due temperature si pareggiano, casca fra i paralleli 41 e 43 S.

In questa regione poi si manifesta notevolissima la influenza delle correnti marine nell'aumentare le differenze fra le temperature dei due elementi. La tepida corrente delle Agulhas sulle coste occidentali dell'Africa fa sì che l'acqua possa riescire ivi più *calda* dell'aria da $^1/_2$ fino a 2°.2; mentre sulle coste orientali tale differenza riesce al massimo di 1°. Ma là dove arrivano le influenze delle fredde correnti polari, cioè lungo la costa a libeccio, ivi nella state l'acqua arriva ad essere talvolta di oltre 5°.5 più fredda dell'aria.

Nelle zone dell'Atlantico settentrionale (fra 40° e 50° N., e 10° e 30° O. da Greenwich), dove fecero particolari ricerche in proposito gli osservatori tedesci e olandesi, assieme alla influenza delle stagioni, si manifestò evidente l'efficacia moderatrice del mare. Nell'autunno e nel verno, le stagioni fredde per quella zona, l'acqua marina apparve più *calda*, in estate, più *fresca* dell'aria, mentre nella primavera le temperature dei due elementi si mostrarono eguali.

Per avere un'idea abbastanza completa della temperatura dell'acqua alla superficie dell'Atlantico, non c'è di meglio che dare un'occhiata alla cartina seguente, (Fig. 426), che contiene le isoterme annue secondo i risultati ottenuti

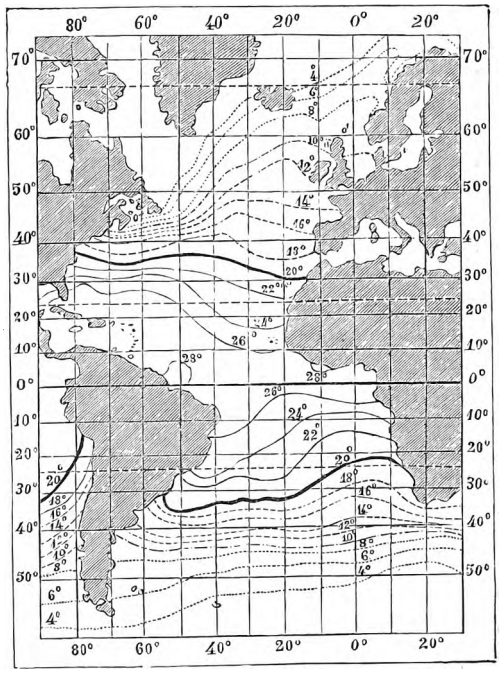


Fig. 426. — Carta delle isoterme marine superficiali nell'Atlantico (dal Supan).

dall'osservatorio marittimo tedesco. Vi si scorgono due zone di massima temperatura (28°), addossate l'una alla costa dell'America meridionale, fra la Caienna e Parà, l'altra a quella dell'Africa tra Freetown e il capo Coast Castle, entrambe appena a nord dell'equatore e fra questa linea e 7° $^1/_2$ N. Fra 35° N. e 35° S. o press'a poco giacciono tutte le isoterme comprese fra 28 e 20 gradi di temperatura, in modo però che le isoterme di 20 entrambe si spingono maggiormente verso il polo rispettivo nella loro parte occidentale che nella orientale. Difatti a ponente coprono, se non oltrepassano, il parallelo 35°, mentre a levante corrispondono al 30°, anzi entrambe a paralleli più prossimi all'equatore, e, delle due, più ancora la isoterma dell'emisfero meridionale, che presso le coste africane si abbassa fino al tropico del Capricorno. Nell'Atlantico

Digitized by Google

settentrionale poi le isoterme tutte generalmente, e a maggior ragione quelle fra 20 e 4° di temperatura, raccolte a ponente in uno spazio di forse 10° di latitudine, come procedono verso levante, si allargano nella guisa di altrettante stecche di ventaglio, spingendosi sopratutto ad alte latitudini settentrionali. Quindi la stessa isoterma di 4°, che a ponente si nota a mezzogiorno della Terranuova e quindi ben al disotto del 50°, raggiunge presso l'Islanda il circolo polare e ancora lo oltrepassa seguitando a levante. Al contrario l'Atlantico meridionale, che presenta un carattere più decisamente oceanico del settentrionale, mostra altresì quelle fra le sue isoterme che stanno fra 20° e 4° di temperatura, quasi uniformemente traversare in linee parallele il mare da ponente a levante, presentando appena appena un' inflessioue in senso equatoriale presso le coste dell'Africa. Inflessione che trova la sua ragione di essere nella, corrente polare, a quella stessa guisa che la citata configurazione a ventaglio della isoterme spettantiall'Atlantico settentrionale ripete la sua origine dalla corrente del Golfo.

Numerose osservazioni ormai istituite in questi ultimi anni ci permetterebbero di dar notizie anche delle isoterme mensili determinate in varie parti dello stesso oceano, e lo faremmo se non temessimo di uscire dai limiti fissatici.

Questo ci basti dire: che nella zona più propriamente equatoriale e cioè limitatamente a 10° N. e S della linea, il mese più caldo apparisce esser l'aprile, con poco più di 27°, il mese più freddo l' agosto, con poco più di 25°,7 con uno scarto quindi fra le temperature dei mesi estremi che supera di qualche poco i 2°. Nell'Atlantico settentrionale fra (40 e 50°) invece i mesi più freddi sono il febbraio (12°5) e il marzo (12°6), e specialmente quel primo, e il più caldo è l'agosto (18°2), dando luogo quindi ad un'amplitudine annua di 5°.7.

Un'idea complessiva della temperatura superficiale dell' Atlantico può esser data dalla seguente tabella tratta dalle medie di 25000 osservazioni dedotte da varie fonti (1). Essa comprende varie zone di 10° ciascuna interposte fra 0° e 50°, tanto a nord quanto a sud dell'equatore.

Zone	Temperatura media	Temperatura massima	Temperatura minima
Atlantico settentrionale.			
50°-40°	14.2	26.1	0.0
40 - 30	19.4	27.2	9.4
30 - 20	23.9	29.4	14.4
20 - 10	24.9	28.3	17.8
10 - 0	26.9	28.9	23.3
50 - 0	**21.9**	**28.9**	**0.0**
Atlantico meridionale			
50°-40°	10.7	18.9	0.6
40 - 30	16.8	26.7	7.2
30 - 20	20.8	27.0	12.3
20 - 10	22.8	27.8	15.6
10 - 0	25.2	28.9	20.6
50 - 0	**19.5**	**28.9**	**0.6**

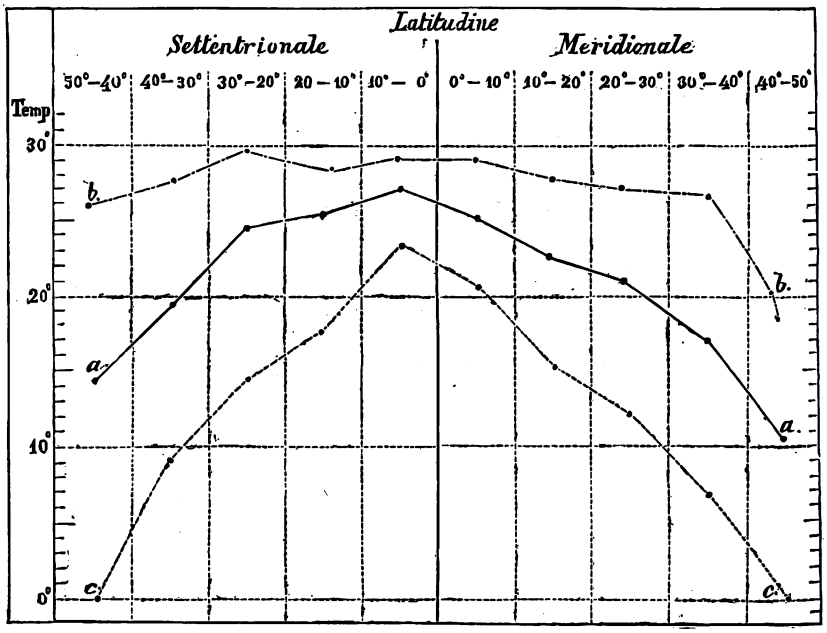


Fig. 427. — Temperatura superficiale media (*a*), massima (*b*)e minima (*c*) dell'Atlantico a N. e a S dell'equatore.

Nel complesso, dalla tabella precedente apparisce che la temperatura dell'Atlantico, fra

(1) Bogulawsky, pag. 233. Non dissimuliamo che in queste tabelle temiamo sia incorso un errore. Il numero di 29°.4 che rappresenta la temperatura massima nell'Atlantico settentrionale fra 30 e 20°, ci sembra troppo alto e forse dovrebbe correggersi in 27°4. Noi però lo riproduciamo identico dalla tabella del Bogulawsky, e analogamente costruimmo la figura 427 che graficamente esprime la temperatura superficiale dell'Atlantico.

Digitized by Google

i limiti indicati, apparisce di 2°4 più alta nella sua metà settentrionale che non nella meridionale. In media la temperatura dello stesso oceano, preso nell' assieme, apparisce di 20°7.

Recenti publicazioni del « Meteorological Office » di Londra confermano in generale queste conclusioni. Esse attribuiscono all'Atlantico in complesso, fra 50° N. e 50° S., una temperatura di 20°8; al Pacifico di 20°3; all'Indiano, fra 20° N. e 50° S., di 23°8, aggiungendo essere l'Atlantico settentrionale di 2°5 più caldo del meridionale e il Pacifico settentrionale di 1° più caldo del meridionale.

I dati alquanto più vecchi dei « Meteorological Papers » (1) attribuivano al Pacifico settentrionale 21°1, al meridionale 19°8, in media 20°4, di poco discordando dalle notizie attuali; ma all'Indiano solamente 22.6°, cioè ben 1°2 di meno che non le calcolazioni citate.

Accettando queste ultime, per noi l'oceano più caldo alla superficie è l'Indiano, seguito dall' Atlantico e da ultimo dal Pacifico. Ma nel Pacifico stesso la parte settentrionale riesce più calda della meridionale non soltanto, ma della parte meridionale dello stesso Atlantico.

Allorchè affermiamo questo, intendiamo riferirci alle acque superficiali. Può essere veramente che lo stesso contegno abbiano anche le acque più o meno profonde; ma, prima di venir a questa conclusione, è mestieri che esaminiamo quanto succede, allorchè vengono scandagliate le temperature dell'acqua marina a qualche profondità.

Generalmente e nei grandi oceani la temperatura dell'acqua marina diminuisce dalla superficie al fondo, dapprima con una rapidità variabile, ma pur sempre rilevante, e ciò fino ad una profondità diversa, secondo i casi, fra i limiti di 730 e di 1100^{m} (da 4 a 600 faden), dove predomina una temperatura media di circa + 4°. Da questa zona la temperatura decresce ancora, ma più lentamente fin al fondo, dove, tanto nelle regioni temperate, quanto nelle tropicali, negli abissi di 5000 e più metri, essa oscilla fra 0° e + 2°, mentre nelle regioni polari cala fin anche sotto a — 2°.5.

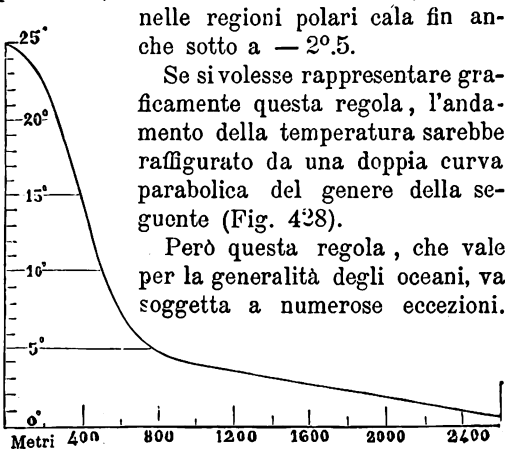


Fig. 428. — Curva rappresentante la diminuzione della temperatura oceanica in rapporto col crescere della profondità.

Se si volesse rappresentare graficamente questa regola, l'andamento della temperatura sarebbe raffigurato da una doppia curva parabolica del genere della seguente (Fig. 428).

Però questa regola, che vale per la generalità degli oceani, va soggetta a numerose eccezioni.

Per esempio, nei mari polari l'acqua superficiale è sovente più fredda delle acque profonde, per cui si nota dapprima un au-

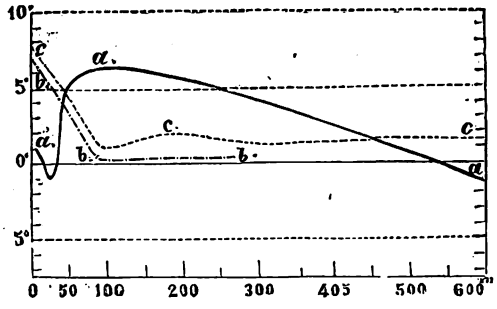


Fig. 429. — Anomalie nel rapporto fra la temperatura oceanica e la profondità.

mento nella temperatura, poi l'abbassamento normale già avvertito. Parimenti avviene talvolta che l'esistenza di correnti calde e fredde,

(1) Secondo i *Metecrological Papers*, N. 12 del *Board of trade*, (HANN, HOCHST. ecc. pag. 190) ecco quali sono le isoterme marine dei tre maggiori oceani.

Latitudine	Oceano Atlant.	Grande Oceano	Oceano Indiano
60-50° N.	10°9	—	—
50-40	14.2	11°7	—
40-30	19.4	17.4	—
30-20	23.9	22.7	—
20-10	25.4	26.7	27°.3
10- 0	26.9	26.9	28.0
Media	**20.1**	**21.1**	**27.6**
0-10 S.	25.2	25.6	27°0
10-20	22.8	24.3	26.6
20-30	20.8	21.9	22.4
30-40	16.8	16.5	16.8
40-50	10.7	10.9	10.0
50-60	3.9	(7.2)	3.0
Media	**16.7**	**17.7**	**17 6**

Come si vede, le medie così derivate per le latitudini settentrionali non sono paragonabili fra loro, perchè presentano il risultato di serie poste fra limiti diversi.

Ecco quali sarebbero invece le medie temperature scegliendo le serie confrontabili.

	Atlantico	Gr. Oceano
Fra 50° N. e 0°	21°.9	21°.1
» 50 S. e 0	19. 5	19. 8
In totale	**20.7**	**20.4**

	Atlantico	Gr. Oceano	Oc. Indiano
Fra 20° N. e 0°	26.°1	26.°8	27. 6
» 20 S. e 0	24. 0	25. 0	26. 8
In totale	**25.0**	**25.9**	**27.2**

Digitized by Google

incrociantisi in varî sensi, producano le più curiose deviazioni da qualsiasi regola, come può risultare dalla seguente serie di temperatura. La prima è stata ricavata dalla « Fylla », nel cosidetto stretto di Danimarca (fra l'Islanda e la Groenlandia), in giugno 1877 a 66°25′ N e 25°50′ O. da Greenwich (Fig. 429, *a*.).

Profondità in metri	Temperatura
0	1°.7
9	1.2
19	— 1.2
28	— 1.6
38	— 0.8
47	5.3
56	5.9
69	6.2
107	6.3
188	6.1
565	— 0.1
650	— 1.1

La seconda fu ricavata dal « Tuscarora », fra le Curili e le Aleutine, nel luglio 1874.

1. Lat. N. 48° 21′; longit. E. da Greenwich 155° 28′ (Fig. 429, *b*)

	0 m	90 m	185 m	365 m	915 m
Profondità					
Temper.	6°.6	0°.4	0°.3	0°.7	—

2. Lat. N. 51°.39′; long. E. da Greenw. 164°.30′ (Fig. 429, *c*)

	0 m	90 m	185 m	365 m	915 m
Profondità					
Temper.	7°.2	1°.2	1°.8	1°.4	1°.5

Giova però notare che siffatti rovesciamenti di temperatura sempre non sono attribuibili ad incontro di correnti diverse, anzi può succedere che, proprio nel caso di correnti così incrociate, non si segnali alcuna anomalia per la rapidità con cui succede la mescolanza delle acque. Così, laddove la corrente del Golfo incontra la fredda corrente del Labrador, la temperatura dell'acqua marina non subisce rovesciamenti, ma soltanto si abbassa con una rapidità maggiore che di consueto non avvenga nell' interno della stessa corrente del Golfo. Talvolta ancora perfino le temperatura del fondo riesce più alta di quella della superficie, com'è toccato di riscontrare al Bessel il 13 agosto del 1872 nel canale di Robeson, ad 80°48′ N., dove la temperatura superficiale di — 1.°00, andava man mano crescendo fino a diventare di + 0.°6 a 125 m. e di + 0.°4 a 370m.

Un'altra eccezione alla regola generale viene offerta dai mari interni che comunicano coll'oceano soltanto mediante lo strato d'acqua superiore e di uno spessore limitato. Già il De Saussure aveva trovato che il Mediterraneo, alla profondità interposta fra i limiti di 300 e di 600m, aveva una temperatura di 13.°2 e, dopo le ricerche sue e di altri, ancora un mezzo secolo fa, si era venuti nel concetto che la temperatura degli strati acquei profondi del Mediterraneo fosse quella delle sue acque superficiali durante l'inverno (1). Questo concetto venne confermato dalle odierne ricerche, le quali mostrarono come la temperatura del Mediterraneo discende dovunque con una maggiore o minore rapidità fino ad una profondità che può variare fra circa 180 e 850m (2). A questa profondità essa presenta la temperatura di 13.°5; dopo di chè, qualunque sia la

(1) Dall'*Allgemeine Erdkunde* di Hann, Hochstetter e Pochorny, pag. 200, nota, togliamo la seguente tabellina che mostra l'andamento della temperatura delle acque superficiali marine in varie stagioni. Essa rappresenta la media di 3 anni di osservazioni praticate a Lesina nelle acque dell'Adriatico.

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Temp. dell'aria	9°.2	14°8.	24°4	17°9
» » acqua alla superficie	13.5	15.0.	22.0	19.5
a 2m	13.6	14.8.	21.8	19.3
» 10.	13.9	14.7.	20.3	18.4
» 20.	13.9	14.4.	18.1	18.1
» 40.	14.0	14.0.	15.8	17.1

Se ne può ritrarre che nel verno la temperatura dell'acqua rimane costante dalla superficie fino a 40m, e poco diversa è nella primavera, nella quale però essa va diminuendo, mentre massima è la diminuzione nell'estate. La temperatura dell'acqua a 40m è massima in autunno e precisamente in ottobre e novembre, il che mostra una volta di più quanto sia lento il riscaldarsi degli strati alquanto profondi.

Dalla stessa fonte ricaviamo questa serie di osservazioni praticate, sempre nell'Adriatico, durante il 1877 dal piroscafo « Pelagosa » alla latitudine 41° 44′ N. e a 18° E. da Greenwich.

Profondità Faden	Metri	Temperat.
144	233	14°2
327	598	13. 4
550	1006	13. 1
716	1309	12.7
906	1657	12.7

Il che tradisce essere le acque del fondo dell'Adriatico alquanto più fredde di quelle del Mediterraneo.

Il professore E. Semmola (*Sulla variazione annuale di temperatura delle acque del golfo di Napoli*, ecc. in *Ann. dell'Uff. centr. di meteor.*, Vol. IV., P. I. 1882; Roma. 1884, pag. 217) nel golfo di Napoli trovò che alla superficie la temperatura dell'acqua in giugno oscilla fra 21 e 23° e in agosto intorno a 27°; ma già a 10m è calata in quel mese a 17 e a 19°, e in questo a 23°. Ma tanto nell'un mese che nell'altro a circa 130m di profondità la temperatura è discesa a 14°, diminuzione specialmente in agosto, veramente rapidissima. Nell'inverno (gennaio e febbraio) la temperatura della superficie è d'ordinario eguale a 14°, ma qualche giorno cala anche a 13°.2. Ora questa temperatura, o presso a poco (13°), rimase identica per tutto l'inverno, a tutte le profondità, cioè fino a 180m.

(2) Cnfr. *Terzo Cong. Geogr. internaz. a Venezia*, Vol I., *Notizie e Rendiconti*, Roma, 1882, pag. 365; — E. Hillier Giglioli, *La scoperta di una Fauna*, ecc., già citata.

Digitized by Google

profondità in cui si sperimenta, il termometro non discende se non di qualche decimo di grado, presentando sul fondo la temperatura di 13°, sotto la quale non si abbassa mai, ovvero soltanto di quantità piccolissime. Quindi le acque del Mediterraneo, quanto a temperatura, si possono dividere in due strati: uno a temperatura *variabile*, l'altro a *temperatura fissa*. Lo strato a temperatura variabile presenta uno spessore assai diverso da località a località. Così le ricerche del « Porcupine » nel 1870, dirimpetto a Cartagena, mostrarono come da una temperatura superficiale di 20.°0, bastava calarsi per 50 faden (91m) per toccare una temperatura di 13°1, e per 100 faden per trovare quella di 12°6, la quale poi rimaneva inalterata fino al fondo, ivi posto a 1550m. Lo stesso ricercatore trovò nel bacino orientale del Mediterraneo la temperatura alquanto più elevata, cioè al SE. della Sicilia, alla profondità di ben 3182m (1743 faden), una temperatura di 13°4. Una differenza notevole nello spessore dello strato soggetto alle influenze solari esiste anche fre le acque del Tirreno e quelle del mar di Sardegna, fra quest'isola e le Baleari. Giusta le esplorazioni del « Washington », lo strato variabile a ponente della Sardegna cessa a circa 250m dalla superficie; mentre in pieno Tirreno esso talvolta prosegue fino 700 a 800 ed anche ad 850m. Per avere un'idea della cosa, riportiamo la serie di temperature osservate a bordo del « Washington » nella stazione della massima profondità, e cioè a metà del Tirreno, da esso esplorata nel 1881,

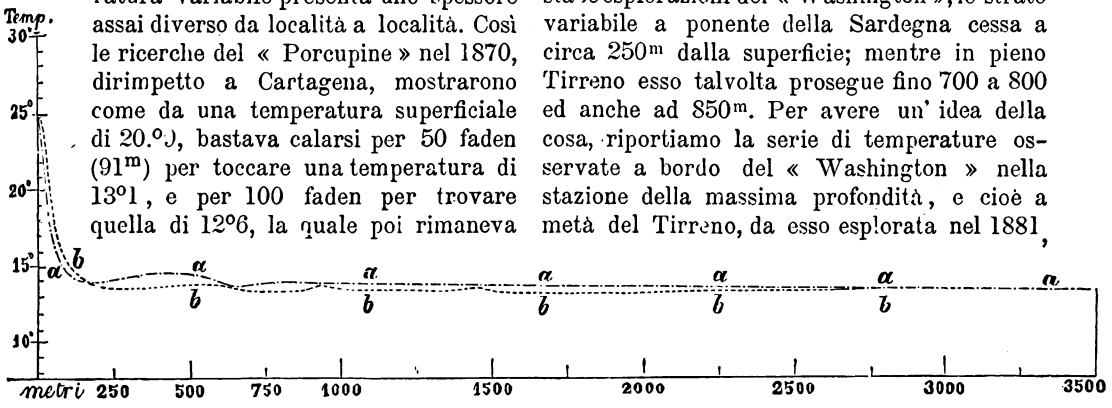


Fig. 430. — Temperat. del Mediterraneo, secondo due esperimenti del « Washington ».

27 agosto) a 39° 20' 28'' N. e 13° 10' 38'' E. da Greenwich (Fig. 430, *a*).

Profondità in metri	Temperat.	Profond. in metri	Temper.
0	26°.0	400	14°.2
20	25. 3	500	14. 1
30	19. 5	600	14. 0
50	16. 8	800	13. 5
80	14. 9	1000	13. 6
100	14. 5	1500	13. 4
150	14. 3	2500	13. 3
200	14, 0	3550	13. 3
300	14. 0		

Quindi riportiamo un'analoga serie di temperature riscontrata dal « Washington » a ponente nelle Bocche di Bonifacio, alla lat. di 41° 24' 42'' N., e alla long. di 7° 43' 23'' E. da Greenwich, in una località dove lo scandaglio segnava 2826m di profondità (Fig. 430, *b*).

Profondità in metri	Temperatura	Profondità in metri	Temperatura
10	25°.1	400	13°.4
20	23. 8	500	13. 5
30	22. 4	700	13. 3
50	19. 4	800	13. 3
70	16. 2	900	13. 5
90	15. 1	1100	13. 4
110	14. 1	1300	13. 2
130	14. 1	1500	13. 3
150	13. 8	1700	13. 2
200	13. 6	1800	13. 2
250	13. 4	1900	13. 0
300	13. 4	2800	13. 4

Anche ridotto di qualche cosa lo strato d'acqua a temperatura fissa nel Mediterraneo, non cessa perciò di essere enorme e tale da meravigliare altamente. Supponendo pure che gli abissi superiori a 3000m nel Mediterraneo siano rari, resta sempre il caso che il suo fondo, per vastissime estensioni, è ricoperto da una massa acquea, spessa da 2 a 3000m, a temperatura relativamente bassa e costante per volger infinito di tempi, salvo laddove influenza di correnti non ne alterino l'uniformità (Fig. 431, ai numeri 8 e 9). Siffatto stagnamento di masse enormi d'acqua fresca non era ultimo degli argomenti (ma, come vedemmo, argomento manchevole) per ritenere esclusa la vita dai fondi di questo mare nostro, che tanta ne alimenta sulla sua superficie.

La esistenza di una condizione analoga a quella del Mediterraneo si manifesta anche nel mare d'Ochotsc e nel Rosso. Sì nell'uno come nell'altro il fondo è occupato da uno strato d'acqua dotata di una temperatura invariabile ed uguale alla temperatura media invernale della superficie del rispettivo mare. Ad esempio, nel mar Rosso la temperatura dell'acqua fra 400 e 1200m oscilla lungo tutta la sua estensione entro i limiti di 21°. 1 e 21° 7, mentre quella della superficie varia, secondo la latitudine, da 22° nell'inverno a 30° nella state.

Digitized by Google

Un'ultima e non meno curiosa eccezione vien fornita dai mari che l'oceano Indiano e il Pacifico insinuano fra l'Asia e l'Australia, e che si trovano separati dai due maggiori oceani mediante una serie di catene sottomarine affioranti in file di isole e di arcipelaghi,

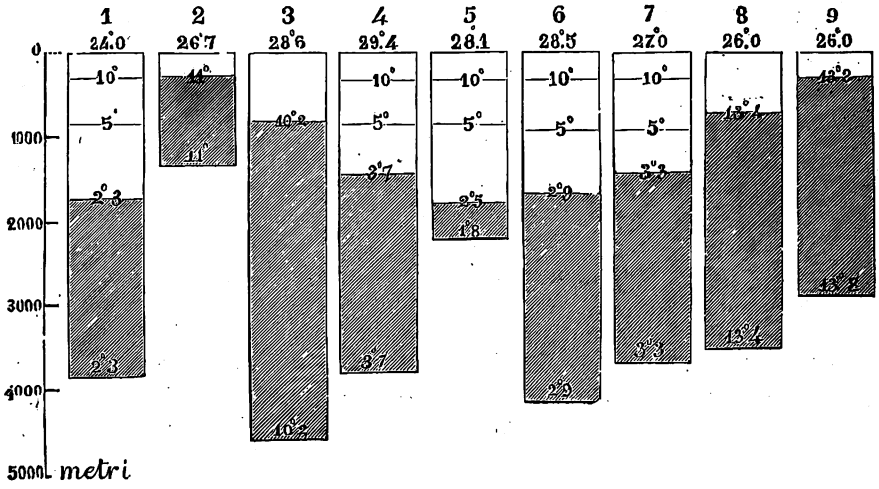


Fig. 431. — Temperatura dei mari della Cina (1), delle Filippine (2), di Sulù (3), di Celebes (4), delle Molucche (5), di Banda (6), di Savu (7), del Mediterraneo romano orientale (8), dello stesso Mediterraneo occidentale (9)

e che quindi comunicano con essi mediante lunghi, ma interrotti e variamente profondi tratti di mare. Qui i mari della Cina, delle Filippine, di Sulu, di Celebes, di Banda e di Savu presentano il fenomeno che la loro temperatura si abbassa fino ad una certa profondità, toccata la quale, si verifica una temperatura omogenea sino al fondo, ed eguale precisamente alla temperatura che l'oceano Pacifico presenta alla profondità alla quale arriva la cresta sottomarina che divide le acque del bacino intercluso da quelle dell'oceano che lo nutrisce (Fig. 431). Perciò, a mo' d'esempio, la temperatura del mare della Cina da 24° 0 ch'è alla superficie, cala a 10° raggiungendo i 300m, e a 2°. 3, come si tocchino i 1800m di profondità. Da questo punto la temperatura delle sue acque rimane costante sino al fondo, che non ha meno di 4000m di profondità.

Ora la temperatura di 2°.3 è press'a poco quella che presenta il Pacifico sotto i 1650m di profondità: il che significa che le acque profonde di questo non passano nel bacino del mar della Cina (Fig. 431, N. 1).

La figura 431 può dare una idea della cosa.

Torniamo per un momento agli oceani aperti e alle condizioni termiche delle loro acque.

Per l'Atlantico e pel Pacifico tali condizioni possono essere riassunte dalle seguenti tabelle, che togliamo dal Supan.

Oceano Atlantico.

Profondità faden	m.	Latitudini 40-20°N.	20-0°N.	0°-20°S.	20-40°S.
0m	0	21°.2	25°.4	24°.8	19°.1
50	91	17. 8	16. 4	18. 3	16. 3
100	183	16. 9	14. 1	13. 2	14. 1
200	366	14. 5	10. 3	9. 2	10. 8
300	549	12. 7	7. 2	6. 5	6. 8
500	914	7. 7	4. 9	4. 3	3. 6
1000	1829	3. 6	3. 3	3. 4	2. 6
1500	2743	2. 5	2. 6	2. 6	2. 2

Oceano Pacifico.

0.	0	20. 8	26. 7	26. 6	20. 2
50	91	16. 6	24. 3	25. 6	18. 3
100	183	13. 9	17. 3	21. 2	16. 5
200	366	9. 8	9. 6	11. 5	12. 4
300	549	6. 2	7. 4	7. 4	8. 4
500	914	3. 8	4. 8	4. 4	5. 6
1000	1829	1. 9	2. 3	2. 3	2. 0
1500	2743	1. 4	1. 4	1. 5	(1. 5)

Un raffronto fra le due tabelle precedenti mostra questi due fatti: 1) che l'acqua dell'Atlantico settentrionale fra 40° e 0° è nell'assieme più *calda* di quella della medesima zona del Pacifico; 2) che nell'Atlantico meridionale, fino alla profondità di circa 1000 o 1200m, essa è più *fredda* di quella del Pacifico e soltanto a maggiori profondità apparisce di qualcosa più calda.

I dati ora esposti si arrestano a 2743m. Spingendo ancora più profondamente le ricerche, si vedrebbe che questi dati restano di

Digitized by Google

ISOTERME PROFONDE DELL'ATLANTICO.

poco alterati. Così la isoterma di 35° Fahr., corrispondente a + 1°.7 del centigrado, nell'Atlantico settentrionale si segnala a circa 7000m e nel meridionale a 5500; mentre nel Pacifico settentrionale apparisce di già a poco più, e nel meridionale a poco meno di 2750m.

Le temperature del fondo stesso nell'Atlantico settentrionale sono generalmente più alte di quelle del Pacifico settentrionale, dacchè in quello stanno fra + 0.8 e + 1.7 (fra 3400 e 5500m) e in questo fra — 0.4 e + 1.0 (fra 3500 e 6000m); ma nelle parti meridionali appariscono alquanto più alte quelle del fondo del Pacifico (da + 0.5 a + 1.3 fra 3660 e 5300m) che non quelle dell'Atlantico meridionale, dove hannovi delle località, profonde circa 4900m, nelle quali il termometro segnalò anche — 0.6.

Le parti più calde di tutto l'oceano spettano, per quanto finora si sappia, all'Atlantico settentrionale, dove, specialmente fra 30 e 40° di latitudine, troviamo una massa d'acqua, dello spessore di forse 550m, avente una temperatura superiore ai 12° gradi e mezzo. Nemmeno la zona torrida dello stesso Atlantico non può presentare un simile fenomeno poichè basta una profondità di 200 braccia (366m) per trovare delle temperature più basse;

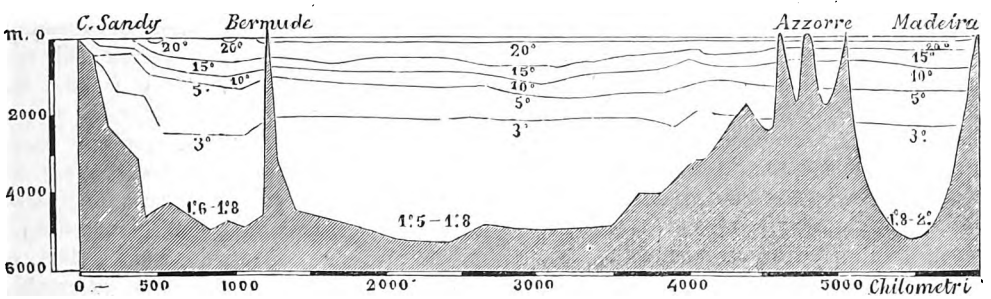


Fig. 432. — Isoterme oceaniche dell'Atlantico fra 30° e 40° di latitudine settentrionale.

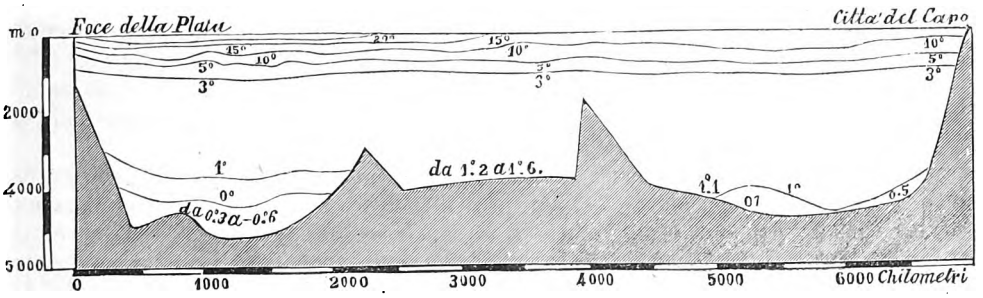


Fig. 433. — Isoterme oceaniche dell'Atlantico fra 30° e 40° di latitudine meridionale.

e poco diversamente può dirsi delle acque spettanti alla zona torrida del Pacifico.

Conoscendo il regime delle correnti, si sarebbe tentati di attribuire tutta la ragione della differenza all'azione di quella grande corrente del Golfo, che trasporta nell'Atlantico settentrionale le masse acquee riscaldate dal sole dell'equatore. In realtà, una prima prova di questa influenza la troviamo nella temperatura diversa che presentano le acque dello stesso Atlantico settentrionale nelle parti occidentali e nelle orientali. In quelle prime, e fino alla profondità di circa 90m, le acque occidentali sono più *calde* delle orientali alla stessa latitudine e profondità, eccettuati i luoghi influenzati dalle correnti polari, e, specialmente lungo le coste americane, dal « cold Wall » — la « muraglia fredda » dei marinai americani ed inglesi — a maggiori profondità le acque occidentali appariscono almeno altrettanto, se non più fredde delle orientali. Aggiungasi ancora che fra 30° e 40° N. e 40° e 70° O. da Greennwich avvi una massa acquea spessa 500m ed estesa circa 4 milioni di chilometri quadrati, dotata di una temperatura superiore a 15° 6. In tutte le altre parti dell'oceano la isoterma di 15° 6 si nota appena a 200 o 300m dalla superficie.

Un'occhiata alle due figure 432 e 433 mostra evidente il fenomeno.

La prima offre il profilo dell'Atlantico fra 30 e 40° N. e la seconda fra 30 e 40° S. Le linee ondeggiate trasversali rappresentano varie isoterme, che nella figura superiore si

Digitized by Google

trovano notevolmente incurvate in basso nella parte occidentale dell'oceano a confronto dell'orientale, sempre per effetto di tali correnti calde. Nella parte estremamente occidentale e presso la costa americana, l'effetto del « cold Wall » fa rapidamente avvicinare le isoterme al pelo marino. Correnti superficiali influiscono anche sulle porzioni di ponente dell'Atlantico meridionale, ma esse non si fanno sentire che a breve distanza della superficie, chè anzi presso al fondo la temperatura, assai bassa dovunque, lo è più che mai appunto a ponente.

Ma i due profili ci mostrano evidente qualche altra cosa. A settentrione le isoterme interposte fra 20° e 3° occupano uno spessore di oltre 2000^m; a mezzogiorno esse si raccolgono entro uno strato di forse 1000^m. Veramente ciò rappresenta la condizione termica in cui si trovano le acque marine lungo i due profili accennati e sarebbe ardito estendere in via assoluta lo stesso giudizio alle altre parti dell'Atlantico. Ma esse rammentano come i quattro quinti delle acque dell'Atlantico, cioè una colonna d'acqua estesa su tutta la superficie del suo fondo ed elevata 3 e 4 ed anche in qualche luogo 5 e più mille metri, presenti una temperatura inferiore ai 5 e anche ai 3°, vale a dire una temperatura in ogni caso più bassa della minima temperatura dell'aria sovrastante lungo per lo meno i 30 gradi di latitudine più prossimi alla linea equatoriale a nord e a sud della medesima. Sotto lo stesso equatore, appena a 1500 o 1800^m, sovente si nota una temperatura di 3 o 4° e al fondo di + 1.0, + 0.°8 e simiglianti.

Donde proviene tutta questa enorme massa d'acqua fredda, che per così rilevante spessore ricopre il fondo dell'Atlantico? Anzi, dacchè sappiamo che le condizioni termiche delle acque profonde del Pacifico di poco differiscono da quello dell'Atlantico, mentre rendono più accentuato il fenomeno, confermato del resto dalle poche osservazioni che si posseggono intorno all'Indiano, donde proviene tutta l'enorme massa d'acqua fredda che in così alta colonna occupa il fondo degli oceani? Dalle acque superficiali raffreddate e scese al fondo per aumentato peso, no di certo; perchè la temperatura delle acque profonde vi è sempre più bassa della stessa media minima temperatura invernale dell'aria sovrincombente. Dalle correnti polari superficiali nemmeno, per due motivi: l'uno, la loro esiguità; l'altro, la loro stessa temperatura, giacchè gli stessi mari polari fino a profondità considerevoli presentano temperature più alte di quelle dei fondi degli oceani maggiori.

Giova concludere che la bassa temperatura delle acque profonde oceaniche si deve ripetere da un moto potente ed incessante, per quanto lento, diretto dai poli all'equatore e tale che vi partecipa tutto lo strato acqueo interposto fra il fondo e 3 o 4000^m da esso. E realmente noi potemmo facilmente riscontrare come, quanto più libere sono le comunicazioni degli oceani coi mari polari, tanto più basse si notano le temperature delle loro acque profonde e dei loro abissi. È questo che spiega come la temperatura del Pacifico e dell'Indiano, a parità di latitudini, nelle acque profonde sia più bassa di quella dell'Atlantico; questo spiega il perchè nello stesso Atlantico le acque profonde e i fondi siano più freddi nelle parti meridionali che non nelle settentrionali, anzi si mostrino sempre, per quanto leggermente, qualcosa più caldi come si proceda da mezzogiorno a settentrione. Difatti le comunicazioni dell'Indiano e del Pacifico col maggiore degli oceani polari, coll'Antartico, sono ben più libere ed ampie che non quelle dell'Atlantico; mentre in questo stesso mare canaliforme le comunicazioni superficiali e subacquee son senza confronto più libere coll'oceano Antartico, che non coll'Artico, come si può facilmente verificare riandando quanto dicemmo a proposito della morfologia dei fondi oceanici.

E che una semplice barriera, che dal fondo si alzi fino ad una certa distanza dalla superficie, sia sufficiente ad impedire l'intromissione delle acque fredde dei fondi in un oceano, lo dimostrano evidentemente gli esempi del Mediterraneo, nel quale le acque fredde dell'Atlantico non poterono penetrare, onde la temperatura uniforme ed elevata delle sue acque, anche in abissi dove nelle corrispondenti latitudini le profondita atlantiche danno temperature di 8 e più gradi più basse; lo dimostrano ancora più splendidamente le temperature dei mari australasiatici, coi fenomeni già da noi segnalati.

D'altra parte le determinazioni di temperatura, istituite ormai su tutta l'ampiezza e in tutte le profondità dei mari, mostrarono che nei fondi polari la temperatura si abbassa fino a —2.0 o —3.°0, che in prossimità a loro sta fra 0° e —1°5, e quindi man man che da loro ci allontaniamo essa va aumentando di qualcosa, rimanendo, come dicemmo, prossima allo 0° nell'emisfero meridionale e salendo a + 1.°0 o 2.°0 nel set-

Digitized by Google

tentrionale, sempre quindi manifestando una relazione fra l'ampiezza delle comunicazioni e la temperatura. Ma v' ha di più. Nell' Atlantico meridionale, pure a latitudini inferiori a 40°, la temperatura dell'acqua del fondo, nella parte occidentale oscilla fra +0.°9 e + 0.°2, arrivando in qualche punto a —0.6, il che mai non si riscontrò nelle parti orientali, dov'essa dovunque apparve superiore a + 2°0, salvo che nel bacino del capo di Buona Speranza, dove varia fra +0.5 e +1°.0. Ora questo spostarsi delle fredde acque dal fondo piuttosto verso ponente che non verso levante, in modo da osservarvi più spiccata la bassa temperatura iniziale, parrà cosa naturalissima, se si rifletta che il lento moto delle acque del fondo dai poli all' equatore non può sottrarsi alle leggi del movimento rotatorio terrestre e quindi deve subire uno spostamento occidentale, analogo a quello che segue nei fiumi sotto la nota legge dal Baer (1) o a quello degli alisei. Meno spiccata assai, ma pure non del tutto insensibile, la stessa differenza nella temperatura del fondo si segnala (con netto contrasto con quanto avviene negli strati superiori) nell'Atlantico settentrionale, dove presso le coste occidentali la temperatura abissale sta fra i limiti di + 1.°3 e + 1.°8, mentre nelle orientali varia fra quelli di + 1.°6 e + 2°7.

E, giusta la ipotesi accennata, nell' Atlantico settentrionale un minore effetto, e quindi una minore differenza nelle temperatura abissale a ponente e a levante risulta necessariamente dalle condizioni di relazione in cui questo oceano si trova coi mari polari. Qualora si afferma che il grande alimentatore dell' oceano Indiano sia l' oceano Antartico, ognuno lo vede da sè; e ognuno può anche crederlo riguardo al Pacifico, dacchè i rapporti fra lo stretto di Bering, porta che lo congiunge all'Artico, e le sterminate ampiezze che lo collegano all' Antartico, son troppo evidenti. Un calcolo fatto dal Krümmel, con evidenza geometrica alla stessa conclusione

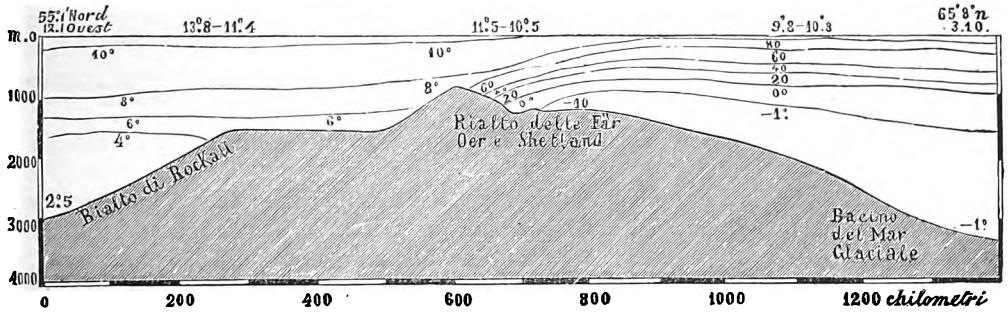


Fig. 434. — Separazione delle acque fredde dalle calde prodotta dalla muraglia dello Shetland e Färöer.

ci conduce anche a proposito dell'Atlantico. Quest'oceano comunica coll'Artico mediante uno spazio ampio 1521 chilom. e profondo in media 585m, il che dà una sezione di 890 chilom. quadr.; la linea di comunicazione coll'Antartico si stende per 9186 chilom. e la profondità media dell'apertura si può ritenere di 2740m, onde un'apertura della sezione di 25170 chilom. quadr. Il che vuol dire che lo spazio col quale l'Atlantico comunica coll'Antartico è quasi 30 volte più esteso di quello mediante il quale comunica coll'Artico.

Nè ormai insistiamo daccapo sull'importanza che ha in questo argomento la profondità delle aperture medesime, la quale, soltanto se molto grande, permette la trasmissione delle acque abissali a bassissime temperature. Il che poi, se vale per le acque fredde, non vale per le acque calde dello strato superficiale. Davanti la barriera delle Färöer e delle Shetland, che s'alza a 650m dal pelo (Fig. 434), le acque fredde polari si arrestano; ma non si arrestano le acque calde della corrente del Golfo che, scorrendo sopra quelle prime e piegando verso est pel moto terrestre e per influenza dei venti di ponente, favoriscono le coste della Norvegia di clima mitissimo (1). Difatti quivi l'acqua dei fiord, anche alla massima profondità, riesce di 8 o 9° più alta della media temperatura atmosferica del gennaio, e persino a 62° di latitudine, di più che 2.° superiore alla media annua; a 63° di latitudine e alla profondità di 435m è ancora eguale a 6° o 7°; mentre quei pochi

(1) Vedi a pag. 418 della nostra opera.

(1) Qui l'azione separatrice (per le acque fredde) della muraglia è meravigliosa. V'hanno delle località dove a soli 15 chilom. di distanza (8 mg. marine) la temperatura del fondo (350m) può variare da 9°2 a (815m) — 1°.

Digitized by Google

banchi di sabbia alle loro aperture impediscono l'ingresso alle fredde acque polari (Figura 435).

L'influenza della corrente del Golfo non si limita qui. La isoterma dello 0, la quale verso il circolo polare si sprofonda 600 e più metri sotto la superficie, ancora presso la costa occidentale dello Spitzberg non attinge la superficie dell'acqua, anzi fino ad 80°, a soli 10° dal polo, si segnala a 200m di profondità. Nella parte più orientale di questo mare tale isoterma si avvicina alla superficie, colla quale termina poi per confondersi. Quindi nel mare, cosidetto di Barendz, fra lo Spitzberg, la Novaia Semlja e la Norvegia, e specialmente nella sua parte orientale, l'azione dell'acqua calda proveniente dalle basse latitudini cessa del tutto, e, salvo poche località eccezionali, sotto un primo sottilissimo strato, influenzato dai raggi solari estivi e fornito di uno spessore forse non più grande di 30 o 40m, si notano generalmente temperature inferiori a —2°0. La celebre circumnavigazione della « Vega » (1) mostrò come più avanti verso oriente, e cioè lungo le coste della Siberia, le temperature appariscono di qualcosa, circa

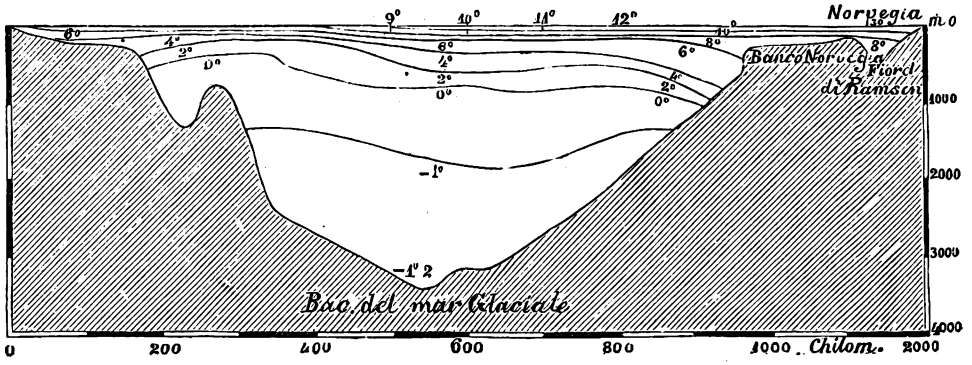


Fig. 435. — Separazione delle acque tepide dei fiord dalle acque fredde del mar glaciale al banco Norvega.

mezzo grado, più alte, ma pur sempre oscillanti intorno alla temperatura del gelo per l'acqua marina.

Nelle alte latitudini del mare Artico poi si presenta un altro singolare fenomeno: quello di più basse temperature nei mesi estivi che non negli invernali. Così, nella spedizione del « Tegetthoff », il Weiprecht fra 75 e 80° di latitudin., riscontrò le seguenti temperature:

profondità	estate	inverno
50m	—2°.20	—1°.90
100	—2. 17	—1. 76
200	—2. 13	—0. 38

Forse ciò provieno da predominio di correnti da nord a sud durante l'estate, nella quale epoca i fiumi dei grandi continenti, sciolti i ghiacci e le nevi che coprono i loro bacini, portano ricchissimo tributo d'acque, che produrrebbero un dislivello, qualora le acque polari non movessero verso sud, portandovi le loro basse temperature.

Le poche esplorazioni condotte nell'oceano Antartico, per quanto non si siano spinte così internamente in esso, come relativamente si è fatto nell'Artico, inducono la ferma convinzione che quel mare sia più freddo ancora dell'Artico. Nella spedizione del « Challenger » il circolo polare fu appena oltrepassato, ma già fra 52 e 54° di latitud., quindi ancora in pieno Indiano, la temperatura alla superficie era di 3°, a 100 faden (183m) di 1° e al fondo (3566m) di —0.°6; a 62° circa in estate la temperatura della superficie spesso oscillava fra 0, —1.°2 e temperature inferiori, che erano normali a un centinaio di metri di profondità; mentre non radi venivano avvertiti di quei rovesciamenti di temperatura e di quelle intersezioni di strati caldi, fra due strati freddi, che già notammo comuni nell'oceano Artico e che sovente provengono dall'incrociarsi di correnti di ghiaccio con correnti di acque meno fredde.

Adunque il precipuo serbatoio d'acque che alimenta la circolazione oceanica e che fornisce la maggiore copia delle acque abissali, l'oceano Antartico, è ancora probabilmente il più freddo fra i mari. Il che del resto arreca minor meraviglia che non faccia quella medesima conclusione alla quale noi dapprima pervenimmo; cioè ch'esso sia davvero la principale origine delle acque fredde dei fondi. Per quanto ormai tale asserto riesca una ne-

(1) *Rivista Marittima*, 1880, III., pag. 452 e seg.

Digitized by Google

cessaria conseguenza dei fenomeni già avvertiti, nondimeno resta ancora qualcosa di problematico che trattiene dal dargli una sanzione definitiva. Fra altre, v'è una domanda fondamentale a cui per ora non si può dare una risposta: d'onde ritrae l'oceano Antartico tutte le masse acquee che con movimento lento sì, ma incessante, invia verso l'equatore? L'esistenza di correnti superficiali provenienti dalla zona calda, contraddetta dalla bassa temperatura di quell'oceano, anche se qua e là segnalata, sembra insufficiente a compensare il diuturno moto delle acque del fondo, tanto più che una parte delle stesse acque superficiali, ad esempio la corrente delle Falckland, si move dal polo all'equatore. O per dar ragione della costanza e delle enormi proporzioni di tale movimento acqueo, dobbiamo noi ricorrere alla supposizione di una quantità di precipitazione acquea maggiore nell'emisfero meridionale che nel settentrionale, finora veramente non confermata dai fatti, o per lo meno ad un soverchio di precipitazione sull'evaporazione in quell'emisfero, a confronto di questo? Tale eccesso di precipitazione sull'evaporazione nell'oceano Antartico sarebbe confermato da quanto noi conosciamo di quella regione, grazie alle poche esplorazioni condottevi e dal fatto delle enormi proporzioni colle quali vi sono sviluppati i ghiacci polari, come già i nostri lettori ebbero campo di conoscere (1).

Del resto, mentre è difficile negare ormai l'esistenza di un lento moto delle acque profonde e fredde dell'Antartico verso l'equatore, è certo che, coll'ammetterlo, non si fa se non segnare una prima grande linea della circolazione suboceanica. Questa e le poche altre affermazioni che la scienza oggi si permette di pronunciare in proposito, risolvono appena alcuni dei grandi problemi che vi si collegano; ma esse, come sono il risultato di enorme numero di osservazioni, sono anche il frutto di pochissimi anni di esplorazioni, di ricerche e di tentativi. Per quanto largo sia stato il campo delle investigazioni, in esso vi sono infinite indagini da completare, infinite lacune da riempire: lavoro minuzioso, paziente, intelligente di miriadi di cooperatori. La scienza degli oceani è ancora un bambino che move i suoi primi passi, che balbetta le sue prime parole. Ma quanto grandi non furono tali passi, quanto importanti le sue parole! E la causa dei suoi rapidi successi proviene in prima linea dal metodo che nell'ultimo ventennio appunto lo studio degli oceani ha adottato, il metodo delle osservazioni esatte, diligenti, numerosissime e coordinate, sostituito a quello delle leggi fissate a priori, con iscarso fondamento di fatti e sopra avvicinamenti sistematici e simmetrici, che in natura ben rare volte esistono, salvo che nella fantasia più o meno mistica di coloro che li escogitano.

È in grazia di tale indirizzo accettato dalla scienza e assecondato da chi avea in mano i mezzi di attuarlo che i primi responsi della oceanografia, in pochissimi anni ottenuti, hanno sembianza di vere rivelazioni, che rovesciano tradizioni ormai inveterate e che saranno maggiormente fruttuosi in futuro (1).

(1) Pag. 377 e seg. di quest'opera.

(1) Prima di chiudere i capitoli sull'Oceanografia da noi dettati, ci corre l'obbligo di rettificare un'asserzione erronea sfuggitaci a pag. 612, col. 2.ª, nota 2.ª In tale nota, sulla fede di altri, asserimmo, veramente in forma dubitativa, che il Marsigli credesse all'esistenza di abissi marini senza fondo. Avendo finalmente avuta sottomano l'opera del Marsigli (*Histoire physique de la mer*, Amsterdam, 1725, pag. 10), potemmo verificare che anzi il Marsigli combatte recisamente tale pregiudizio, intorno al quale conclude « que tout ce qu'on a dit qu'en certains lieux la mer n'avait point de fond, est une fable et une fausseté evidente ». Il Marsigli poi a sua volta accredita e diffonde l'idea convenzionale che la massima profondità dei mari debba equivalere alla massima altitudine delle montagne spettanti ai prossimi continenti (G. Marinelli).

Digitized by Google

CAPITOLO III.

I MOTI DEL MARE (1)

DEL PROF.

ANTONIO STOPPANI

Et dixi: Usque huc venies, et non procedes amplius, et hic confringes tumentes fluctus tuos.

JOB, XXXVIII, 11.

E come il volger del ciel della luna
Copre ed iscopre i liti senza posa,
Così fa di Fiorenza la fortuna.

DANTE, *Paradiso*, XVI.

I. Preliminari.

1. Il moto è come la caratteristica del mare in confronto della Terra. Questa infatti, per la parte che si vede emergere dall'oceano, chiamossi *terra-ferma*. Ben inteso che è ferma ugualmente quella parte depressa della superficie solida del globo, entro cui si raccolgono le acque. Quanto al mare, una delle sinonimie più favorite è quella che gli dà per antitesi, il nome di *mobile elemento*. Un mare stagnante, se fosse concepibile in mezzo a tanto agitarsi di motori tellurici, non sarebbe più concepibile nessuna parte di ciò che si chiama *economia tellurica*. Più di tutto inconcepibile la vita di quelle moltitudini infinite d'esseri viventi, che si muovono nella sua immensità.

Che avverrebbe diffatti d' un oceano stagnante? Gli animali, consumati in breve tempo i sali, l'ossigeno e gli altri elementi che essi traggono dalle acque, le quali ne involgono il corpo immediatamente, morirebbero tutti. Le acque stesse imputridirebbero per la decomposizione di tanta massa di sostanze organiche. Ciò avverrebbe, dissi, in breve tempo; ed è facile intenderlo per quella infinita moltitudine di testacei, stanziati sul fondo del mare, e più ancora per quegli enormi banchi di corallo, quasi vivi continenti, sorgenti dalle profondità dei liberi mari, ai quali basterebbe che l'acqua non si rimutasse per pochi giorni, forse per poche ore, perchè si trovassero davanti inevitabile la morte. Ma riscaldate dal sole, le acque si sollevano continuamente in quantità enorme dall'immensa superficie dei mari nelle regioni dell'atmosfera; sciolte dapprima in vapore, e ossigenate, si concentrano e ricadono a torrenti sulla asciutta superficie delle terre, s'arricchiscono di sali, e, precipitando di balza in balza, raccolte nei capaci letti di mille fiumi, ritornano all' oceano.

Questa è già una ragione più che sufficiente, perchè tutta l'immensità dei mari sia soggetta ad uno squilibrio, quindi ad un movimento continuo. Ma le infinite esigenze dell'economia tellurica reclamano ben altro. Le acque dell'oceano devono tutte muoversi senza posa, rimutarsi, rimescolarsi, pena la morte dei loro infiniti abitatori. Una delle condizioni più fondamentali della vita degli

(1) Vedi la bibliografia dei due *Capitoli* precedenti a pag. 601, più le seguenti opere. — MAURY, *Explanations and sailing directions to accompany wind and current charts*. Seventh. Edit., Philadelphia, 1855: un grosso volume in 4°, con tavole ed un enorme *Atlante* di carte marine, l'opera più fondamentale, specialmente per lo studio delle tempeste e delle correnti marine — EWBANK, *Life in Brazil;* — MÜHRY, *Ueber die Lehre von den Meeresströmungen* — J. C. KOHL, *Geschichte des Golfstroms* — FORCHHAMMER, *Philosophic Transaction*, 1865 — CARPENTER, *Lecture at the Royal Institution*, 10 march, 1870 — MIDDENDORFF *Petermann's, Geographische Mittheilungen*, jan., 1871; — HERSCHEL, *Physical Geography* — GARCIS und BECKER, *Physicgraphye des Meeres* — SCHMICK, *Das Fluthphänomen;* — MONNIE, *Memoire sur les courents de la Manche;* — HUGUES, *Geografia fisica*, pag. 149 — CIALDI, *Sul moto ondoso del mare*, Roma, tip. delle Belle Arti, 166 — Id. *Dei movimenti del mare*. Roma, Barbera, 1876 — KRÜMMEL, *Die Atlantischen Meeresströmungen*, in *Zeitschr. für wissensch. Erdkunde*, 1883, pag. 185 e 209.

Digitized by Google

animali marini è la costante dosatura delle acque in cui sono costretti a vivere. Un grado più o un grado meno di salsedine è irremissibilmente letale alla maggior parte delle specie. Ora che cosa diventerebbero le acque dei litorali, dove i fiumi mettono foce, in confronto di quelle dell'alto mare? Che cosa diverrebbero le acque dell'oceano Atlantico, a cui confluiscono quasi tutti i fiumi del mondo, in confronto di quelle dell' oceano Indiano e dell'oceano Pacifico, mentre non si potrebbe quasi nemmeno accusare d'iperbole chi li chiamasse *oceani senza fiumi?* Lascio altre ragioni, alcune delle quali si faranno abbastanza chiare nel seguito di questo capitolo, per cui nel sistema dell'economia tellurica è legge di assoluta necessità un movimento delle acque che, nel senso più rigoroso della parola, possa chiamarsi *universale*.

Fin quì abbiamo adoperato soltanto, come si suol dire, degli argomenti *a priori*, per dimostrare la necessità, e conseguentemente il fatto d' un movimento universale delle acque dell'oceano. Ma l'osservazione e l' esperienza ci hanno ormai forniti di tali argomenti *a posteriori*, che il movimento universale delle acque marine è uno dei fatti meglio acquisiti per la scienza positiva.

Il primo argomento, dedotto dall'osservazione e dall'esperienza, è appunto la dosatura costante e la quasi perfetta uniformità della salsedine in tutti i mari. Tale costanza ed uniformità non potrebbe spiegarsi in nessun modo, quando non si ammettesse il movimento continuo e il continuo rimescolarsi delle acque di tutti i mari. Basti accennare un'altra volta l'enorme diversità di condizione che corre tra l'oceano Atlantico e gli oceani Indiano e Pacifico, per rapporto alla quantità delle acque dolci che si versa in ciascuno. Ma la scienza moderna non ha più bisogno di tali argomenti puramente razionali. Il movimento universale dell'oceano, risultante di mille movimenti, prodotti da cause affatto diverse l'une dalle altre, le è noto e non le rimane che di esporlo, di studiarlo più a fondo e di cavarne un numero infinito di applicazioni alla fisica del globo, che in parte già s'intravvedono, ma per la parto maggiore sono certe, benchè ancora rimangano ignote. Se, così dicendo, s' intenda semplicemente di metter avanti un paradosso, lo dirà il lettore.

2. Gli antichi, ristretti quasi unicamente a quel golfo dell'Atlantico che si chiama mare Mediterraneo, ma che era per essi, in termine assoluto, il *mare Magnum*, simbolo della immensità, non potevano certamente, qualunque fosse la loro ricchezza di mezzi scentifici, formarsi un'idea un po' complessa dei moti marini, e molto meno il concetto d'una circolazione che lega in un solo sistema tutti i mari, e abbraccia tutte le acque del mondo. Per gli antichi il mare era il mobile elemento perchè agitato dai venti e in balìa delle tempeste. Di spaventose descrizioni, di immagini ardite a questo proposito abbondano del pari la Bibbia e i poemi greci e latini. Gli antichi conobbero anche il moto delle maree e riuscirono ad indovinarne nel satellite della Terra il principale motore. Nè più in là andò la scienza fisica medioevale, erede della scienza greca, come ne fa fede la terzina dell' Alighieri che noi abbiam riportata in testa al presente capo. Bisogna venire a tempi molto a noi vicini, per vedere, lentamente dapprima, con foga crescente dappoi, svilupparsi un nuovo ramo della fisica del globo, quello della *circolazione delle acque del mare*.

Colombo, che salpa per l' America, ignota a lui stesso, nel 1492, segna veramente il primo passo in quella serie di mirabili intraprese, che doveano rapidamente condurre ad un grado di cognizioni ormai molto avanzato dei movimenti del mare. La sua prima scoperta in questo mondo affatto sconosciuto fu quella delle calme del Cancro, dove si estende il famoso mare dei Sargassi, che occupa la porzione centrale di quella enorme corrente marina che trascina nel suo vortice tutte le acque dell' Atlantico settentrionale. Seconda scoperta quella degli alisei, che mantengono in continuo movimento, e sempre nella stessa direzione, sopra una vastissima zona, le stesse acque dell' Atlantico, a nord dell' equatore. Nei successivi viaggi si avvide anche della gran corrente equatoriale, per cui l'Atlantico scorre, quasi enorme torrente, dalle coste occidentali dell'Africa fino alle foci del Rio delle Amazzoni; poi di quell'altra grande corrente, che vedremo non essere altro che la continuazione della prima, per cui le stesse acque dell'Atlantico, ripiegandosi sopra sè stesse, costeggiano da sud a nord le coste dell'America settentrionale. Così era acquisito alla scienza il tratto più caratteristico, e forse più fondamentale, della circolazione oceanica; cioè l'esistenza di quel *Gulf-Stream* (corrente del Golfo), riconosciuto più tardi, nel secolo XVI, dal famoso Pietro Martire d' Angera, e nei tempi a noi più vicini studiato e reso tanto perspicuo alla scienza da Varenio, Vossio, Franklin, Blagden, sir Hunfrey Gilbert e,

Digitized by Google

più che da qualunque altro, studiato ed inteso dal vero creatore della moderna *fisica del mare*, l' americano Maury.

Gli arditi esploratori e scopritori di nuove terre nei secoli XVII, XVIII e XIX, e i peritissimi nautici, che, servendo al commercio, all'industria, alla politica ed alla scienza, hanno ridotto ormai l' oceano ad un campo continuamente solcato da mille e mille navi in tutte le direzioni possibili, portando ciascuno il proprio tributo a questo che è ramo importantissimo tanto per la fisica del globo, quanto per la scienza della navigazione, ci hanno detto ormai che l'oceano, dalla superficie fino alle sue massime profondità, tutto quanto è vasto, con quanto abbraccia o penetra dei continenti colle sue infinite diramazioni, non è altro che un intreccio, un turbinìo di correnti, di cui la scienza va mano mano scoprendo il magistero e determinando le leggi, come ogni legge di natura, imprescrittibili e sapientissime.

L'argomento è difficile. Sono troppe le cause che agiscono nel grande sistema della circolazione del mare, e troppi i movimenti che ne sono l'effetto. Dal sole che aggira intorno a sè in vorticosa ridda il pianeta fino al foraminifero microscopico che fissa il suo atomo di sale calcareo nelle più buje profondità dell'oceano, nulla si può dire straniero a quel sistema di forze, il cui effetto è la perpetua rotazione delle acque. La circolazione dell'oceano non è quindi che una grande risultante di un numero infinito di forze; l'effetto di un numero infinito di cause; sicchè il voler assegnare a ciascuna la propria parte è impresa affatto disperata, e, per mio avviso, lo sarà sempre. C'ingegneremo dunque alla meglio, secondo le deboli forze del nostro ingegno, e per quel tanto che ci è consentito dallo stato attuale della scienza.

II. La calma.

3. Quando i venti tacciono, si dice che il mare è in calma. Ma, anche tacendo i venti, il mare può essere agitato abbastanza sensibilmente, talora anzi violentemente da quei movimenti spontanei che costituiscono le *maree* e le *correnti marine*. Vedremo come le maree e le correnti marine costituiscono, le prime un movimento periodico intermittente, le seconde un movimento continuo, i quali si rendono molto percettibili sui litorali, nelle porzioni più anguste del mare, dove s'interna fra le terre, e sopra porzioni vastissime anche degli aperti oceani; sicchè la parola *calma* o *bonaccia* non vi può mai prendere quel significato che ha veramente nel linguaggio marinaresco. Soltanto al largo, dove le maree si fanno poco sentire, e il moto delle correnti marine si riduce quasi a zero, là, dico, se tacciono i venti, può aver luogo quella calma di cui parlano i moderni, ma con molto maggiore spavento parlavano gli antichi navigatori. Per questi la calma era più temuta della tempesta; mentre li condannava sovente al supplizio di lunga inedia, od anche a morire di fame o di sete nei deserti del mare, quando l' arte nautica, coadiuvata ora principalmente dalla forza del vapore, non prestava ai naviganti i mezzi che presta oggidì, per vincere le bonacce del pari che le fortune di mare. Famose e infami per tremende sofferenze sono specialmente le calme, che dominano ancora per una gran parte dell'anno verso il tropico del Cancro, e quelle calme equatoriali che avevano reso, per spaventose descrizioni, tanto temuto il *passaggio della linea* ai bastimenti che navigavano verso il capo di Buona Speranza.

Tuttavia, se colle parole calma o bonaccia si volesse esprimere l'assenza o la cessazione di ogni movimento in seno alle acque del mare, quelle parole non potrebbero avere che un significato ipotetico. Per quanto la calma sia piatta e stagnante, non è mai assoluta, ma sempre relativa. Il massimo della calma non esiste che là, dove i moti del mare non cessano già, ma si rendono soltanto impercettibili al senso. Anche a prescindere dalle maree e dalle correnti marine, che si rendono sopra la massima parte del mare abbastanza sensibili, non c'è porzione di mare che si possa presentare nelle condizioni di un'assoluta stazionarietà. Una sola goccia d'acqua che si sposti in un punto basta per rompere l'equilibrio di tutto l'oceano. Uno solo pertanto, come ben osserva Maury, di quegli infiniti animaletti, i quali costituiscono la fosforescenza marina, o ricoprono di uno strato vivente il fondo degli oceani, uno solo, dico, di questi animaletti che si muova o si assimili un atomo di calce sciolta nelle acque, ed è già rotto l'equilibrio del mare, come basterebbe la respirazione di un insetto a mantenere in continuo squilibrio l'oceano atmosferico. Il moto è adunque per le acque ciò che per gli animali è la vita. Ma questo moto è dovuto a mille cause, e si presenta sotto mille forme diverse di cui cercheremo conoscere almeno le principali. Per far que-

Digitized by Google

sto ci serviranno come di tessera i seguenti specchi.

Specchio dei motori del mare.

4. I principali motori, impegnati nell'universale movimento, a cui sono, si può dire, continuamente in balìa le acque del mare, sono i seguenti:

1.° Il sole
2.° La luna
3.° La rotazione terrestre
4.° L'atmosfera
5.° Gli animali marini
6.° I fiumi
7.° I terremoti e i vulcani.

Il sole, principio d'ogni movimento tellurico, e principale agente nelle correnti marine, opera, per la sua forza d'attrazione, principalmente nel fenomeno delle maree, e pel suo potere calorifero, promovendo l'evaporazione e la dilatazione delle acque, causa principale della circolazione marina.

La luna, stante la sua grande vicinanza alla Terra, esercita il massimo d'attrazione a cui sia soggetto il pianeta, e si può quindi chiamare la regina delle maree.

La rotazione terrestre è un coefficente attivo o passivo in tutti i movimenti del mare, modificando in uno o in altro senso la direzione delle correnti, determinate dei diversi motori.

L'atmosfera opera meccanicamente co' suoi venti e colle sue procelle, e come agente fisico, attivando l'evaporazione delle acque del mare.

Gli animali agiscono principalmente come motori delle acque, mediante il loro potere secretivo, per cui, assimilandosi i sali marini, rendono più leggere le acque e ne provocano il movimento.

I fiumi agiscono sui moti del mare disturbandone continuamente l'equilibrio, tanto per l'afflusso di sempre nuove acque, quanto per le modificazioni apportate alla salsedine del mare stesso, come vedremo in modo speciale, parlando delle correnti tra i mari comunicanti.

I terremoti e i vulcani agiscono anch'essi, benchè a lunghi intervalli, colle loro scosse violenti, capaci di produrre effetti strepitosi nel movimento delle acque.

È da notarsi, per l'intelligenza di quanto si dirà in seguito circa i movimenti dei mari, che le acque, una volta che siano messe in moto, ubbidiscono a quelle leggi, la cui cognizione costituisce la scienza idraulica; per cui sono applicabili ai movimenti del mare i teoremi riguardanti i fiumi e le correnti in genere La stessa scienza idraulica ci dice l'influenza stragrande che hanno gli ambienti o recipienti di acque, sulla forma, sulla direzione e su tutti gli accidenti che possono presentare le correnti acquee.

Specchio dei movimenti del mare.

Moti normali od essenziali
- Irregolari e incostanti
  - Onde e frangenti
- Regolari e costanti
  - Correnti di marea o flusso e riflusso
  - Correnti marine
    - Correnti oceaniche
    - Correnti mediterranee o di relazione tra i mari comunicanti

Moti anormali od accidentali
- Prodotti dall'urto di correnti atmosferiche
  - Cicloni
  - Trombe
- Prodotti da terremoti o vulcani
  - Maremoti

III. Onde e frangenti.

5. Se sopra lo specchio d'uno stagno perfettamente tranquillo io lancio un sasso, immediatamente, nel punto dove è caduto, prescindendo da quel momentaneo turbinio spumoso che si suscita in quel punto, se il tonfo è un po' violento, si vede staccarsi un anello d'onda, intorno a cui nasce immediatamente un secondo, cui tengon dietro un terzo, un quarto e tutta una serie di anelli, sempre più larghi, ma tutti aventi per centro il punto medesimo dove il sasso è caduto. Così si vede in breve tempo uno spazio perfettamente circolare, più o meno largo secondo che più o meno forte fu il tonfo, coperto di mobili anelli od onde annulari perfettamente concentriche, che si dileguano e muojono lontano in mezzo alla calma dello stagno. Intanto però che le onde più esterne si van dileguando, nel mezzo è già tornata la calma, la quale guadagna a poco poco tutto lo spazio circolare in movimento, sicchè dopo un certo tempo tutto ritorna alla primiera tranquillità. Che cosa è dunque avvenuto in seguito al getto di quel sasso? Vediamo di spiegarcelo.

Il sasso, cadendo sullo stagno, ha dato un colpo alle acque e le ha costrette a separarsi in quel punto, imprimendo ad esse un movimento che tende a spostarle in tutte le direzioni, corrispondenti ai raggi di un circolo. Il movimento si comunica dapprima a quella serie di molecole acquee che si trova in con-

Digitized by Google

tatto col sasso cadente. Questa prima serie si muove e tende a comunicare il suo movimento a quella immediatamente di fuori, con cui si trova a contatto. A tutti è nota quella che si chiama *forza d'inerzia*, la quale rappresenta una resistenza, che non si può vincere se non con un certo intervallo di tempo. Il primo anello di molecole, non potendo subito spostarsi orizzontalmente, si raccoglie, per dir così, e si contrae in sè stesso e si solleva, formando un primo rilievo ondoso. Così sollevato, e tendendo per legge d'equilibrio a ricadere, riesce in breve a comunicare il suo movimento ad una seconda serie di molecole acquee. Questa subisce l' istessa vicenda della prima, finchè comunica il suo movimento ad una terza, che lo trasmette ad una quarta; e così via via, finchè tutta la forza viva sia esaurita dalla resistenza che presentano gli attriti e la coesione del liquido a cui si trasmette il movimento.

Se invece di percuotere l'acqua in un punto centrale, come fa il sasso, imprimessi allo stagno un colpo laterale in una data direzione, come si può fare, per esempio, con una pala, quella serie di onde si produrrebbe egualmente, allontanandosi però dal punto percorso nella stessa direzione del moto primieramente impresso. Il fenomeno delle onde ubbidirebbe alle stesse leggi descritte. Ciò che farebbe la pala, fa il vento soffiando in una data direzione, mentre è facile intendere com' esso rappresenti una forza applicata, per legge d'adesione, alla superficie del liquido, e quindi tendente a spostarlo in quella medesima direzione; con questa differenza però che il vento rappresenta una forza continua, o che si ripete a brevi intervalli, e che la sua azione non si limita ad un punto, ma si esercita contemporaneamente sopra un' area liquida, che può essere vastissima. Soffiando leggermente sopra una superficie acquea, ci persuaderemo bentosto che basta il più lieve zeffiro a produrre l'ondeggiamento del liquido. Ma il movimento impresso al liquido stesso non cessa così tosto, che l'onda sollevata non possa ricevere un secondo o un terzo impulso. Trattandosi di un impulso continuo, o quasi continuo, com' è quello del vento, è presto inteso come gl'istanti di movimento si accumulino, si sommino, sicchè le prime onde vadano crescendo d'altezza e di volume, finchè raggiungono un massimo corrispondente alla diversa forza del vento. Così un vento, benchè non gagliardo, purchè sia costante, può dare origine ad onde enormi, ma liscie, regolari, senza spume e senza rimbalzi, come quelle che si osservano a tempo sereno e tranquillo nelle regioni delle calme tropicali, per impulso trasmesso dalle onde di un mare mosso dai venti.

Credo che ciascuno ormai possa intendere da sè in che consista la meccanica delle onde. Il loro movimento non è realmente, come appare, un movimento di traslazione, ma un semplice moto d' altalena, di su e giù. Ciascun' onda si rigonfia e si alza, quindi risiede, trasmettendo il suo movimento all'onda che immediatamente la precede nella direzione del vento, la quale ugualmente si alza e risiede, trasmettendo il suo moto ad un' altra che sorge più avanti. Ma, durando la forza motrice, ciascun'onda, appena ricade, risorge: e così si mantiene per centinaja e migliaia di miglia per giorni e mesi, e costantemente in certi luoghi, ondoso il mare. Quelle onde di cui ho detto coprirsi sovente il mare nelle regioni delle calme dei tropici, benchè talora siano enormi e gonfino l' interminabile dorso sopra altrettante linee parallele che si prolungano a perdita d' occhi dall' uno all' altro capo dell' orizzonte, sono così lisce, che passano, sollevando la nave in alto senza nessuna scossa, appena sordamente mormorando. Concludendo dunque: il movimento, talora velocissimo, delle onde sui laghi e sul mare è apparente; è una pretta illusione ottica. Io non credo però che, almeno per una minima parte, sia affatto da escludersi un moto reale di traslazione: e mi pare sufficiente a dimostrarlo il fatto che anche l'onda più morta si frange contro uno scoglio, oppure si frange, rotola e si distende sulla spiaggia, come fa una massa di liquido che si muova orizzontalmente sopra un piano inclinato.

6. Altra cosa è se si parla di *frangenti*. Se il vento cresce, se soffia a buffe, ad impeti subitanei, presto l'onda s'imbianca. Spume leggere gorgogliano sulle vette delle onde; e se più dura o più si ripete il soffio, si levano in ciuffi capricciosi, in creste tumultuanti, quindi in lame fragorose, che si ripiegano sul davanti e si rovesciano sull'onda stessa che le ha generate. Qui il moto di traslazione è evidentissimo, e non ci resta che d'indagare come avvenga e quali effetti produca.

Come si formi il frangente l'hanno dimostrate ripetute esperienze. Un vento che sia forte abbastanza non solo imprime un movimento alla massa delle acque fino ad una certa profondità, dando origine all'onde, ma

Digitized by Google

imprime un vero movimento di traslazione a quel primo straterello di liquido che forma la superficie delle onde medesime. Levato il primo, muovono un secondo, poi un terzo, poi molti di seguito. Gli straterelli si rincorrono, si sovrappongono, finchè si forma tutto uno strato che può essere grossissimo, e, raccogliendo tutta la somma dei movimenti dei singoli, è capace di acquistare una velocità e una forza di traslazione veramente enorme, sicchè, urtando contro un ostacolo qualunque, od anche semplicemente contro l'aria, si rompe e diventa spumoso. Chi non conosce la forza spaventosa dei frangenti capaci di sfiancare una nave di più alto bordo?

Ecco la ragione per cui il mare, sollecitato dalle tempeste, realmente si muove e cammina, come poderosa corrente, nella direzione impressagli dal vento. Il mare stesso sotto vento si gonfia, alza talora di parecchi metri il suo livello; e basti ricordare le terre inondate, le case atterrate, le campagne devastate fino a distanza di 50 a 60 miglia dal lido sotto l'impeto dei cicloni, nell'India, per intendere la realtà e la forza portentosa del movimento del mare coperto di frangenti. Questo moto del mare lo trasforma, come dissi, in una enorme corrente, la quale seguirà naturalmente le leggi che governano le correnti, e ne produrrà gli effetti.

Ho detto risultare da ripetuta esperienza che i frangenti si formano colla sovrapposizione di tanti straterelli superficiali, mossi successivamente dal vento, in una data direzione. Queste esperienze sono affatto moderne, ma motivate da un fatto acquisito fin dagli antichissimi tempi (1).

Troviamo infatti memorie in scrittori d'antichissima data di quel fenomeno curioso, alternativamente sostenuto e contestato fino ai nostri giorni, della proprietà che ha l'olio di sedar le tempeste, appena sia sparso, anche in piccola quantità, sulla superficie del mare. Ne scrissero, affermandolo, fra gli antichi, Aristotele, Plinio e Plutarco; tra gli autori medioevali il fatto è ricordato da Teofilaeto Simocate, e, tra i moderni, se ne occuparono il Franklin, il van Beek, il Virlet d'Aoust; più recentemente Baulin, Cialdi, Menzbrugghe, Bourgois, Man, ecc. Quest'ultimo eseguì a vasta scala delle esperienze sulla costa di Fiandra, con esito trionfale. Basti il dire che tre cucchiai d'olio di lino sono sufficienti perchè spariscano tutte le onde e le increspature sopra uno stagno di 400 metri quadrati. Fu precisamente col gettare olio sul mare, quando si facevano più formidabili i frangenti, che il capitano Fondacaro potè compier felicemente la sua celebre traversata dell'Atlantico sul piccolo battello il *Leone di Caprera*. « L'olio « intorno alla mia navicella (così scrive nella « sua relazione l'ardito navigatore) ha fatto « più buona guardia, che non fanno i Cosacchi « all'imperatore di tutte le Russie contro i « nichilisti ».

Questa meravigliosa proprietà dell'olio fu pure già da molto tempo trovata comune a tutte le sostanze grasse ed oleose, per es., al petrolio. Quanto alla causa, sembrava ad Aristotele consistere in ciò che il vento sdrucciolasse sull'olio, come farebbero i piedi sopra un pavimento liscio ed oleoso. Teofilaeto attribuiva il fenomeno quasi direbbesi ad un'azione morale, che la mitezza dell'olio esercitava sulla furia delle tempeste. I moderni si accontentarono per un po' di tempo o di negarlo o di assegnargli ragioni nulla convincenti. La scienza però ha potuto fare un gran passo verso la verità, quando si scoprì che non solo le sostanze grasse ed oleose, ma tutti i galeggianti producono lo stesso effetto dell'olio. Si provò con travi, con botti sparse sulla superficie del mare, e lo stesso effetto si ottenne. Vi fu chi osservò il medesimo effetto di pacificazione dell'onde prodursi quando sulla superficie del mare glaciale si producono i primi ghiacciuoli natanti; altri che i sargassi ajutano a produrre o a mantenere la calma; altri che basta la fosforescenza del mare, prodotta, come ognuno sa, da miriadi di corpicciuoli viventi che si portano alla superficie del mare; altri finalmente che basta la nebbia a diminuire fino ad un certo punto l'effetto del vento sulla superficie dei laghi, e che agisce nello stesso senso la pioggia, quando cade dirotta, rompendo e sconvolgendo la superficie del liquido. Come avviene dunque il fenomeno?

Pare che il Bourgois sia stato il primo a distinguere nettamente, come fenomeni affatto di diversa natura, *l'onda* dal *frangente*, e quindi a mettere sulla via di precisare l'effetto prodotto dai galleggianti sulla superficie delle acque. L'onda, come abbiam visto, nasce per semplice trasmissione di movimento da una ad altra porzione del liquido; il frangente per la sovrapposizione di strati superficiali

(1) Vedi la recente momoria di Ernesto Mancini: *Le tempeste di mare e il mezzo per sedarle*, in cui sono storicamente raccolte molto bene le esperienze a cui qui si accenna, e le consegnenze che se ne dedussero per la teoria delle onde edei frangenti. Fu pubblicata nel n.° del 15 novembre 1884 della *Nuova Antologia*.

Digitized by Google

in movimento, che, urtando contro l'aria e mescolandosi con essa, formano le spume. L'onda è prodotta da un moto di semplice altalena; il frangente da un vero movimento di traslazione. Ora si vede benissimo come i galleggianti, mentre non possono opporsi menomamente al su e giù dell'onda, che fa danzare anche la più grossa nave, possono invece opporre una resistenza ai singoli straterelli che si muovono successivamente l'un dopo l'altro; e come, interponendosi tra l'uno e l'altro, devono impedire che formino un solo sistema, animato da una forza che rappresenta la somma di tutti. Questo vuol dire che non possono o almeno non possono che imperfettamente formarsi i frangenti, i quali son quelli che unicamente rendono pericolosa la tempesta. Risulta quindi dimostrato, *e converso*, come i frangenti si formino.

L'esperienza ha dimostrato che l'azione stessa esercitata dai galleggianti sulle onde d'alto mare si esercita pure sui frangenti del lido, che si formano per l'urto del fondo e della spiaggia sull'onda in movimento, obbligandola a salire, tutta rotta e spumosa, in forma di montoni o di enormi creste che colpiscono, si frangono e ricadono con forza spaventosa. Anche i frangenti del lido si formano per successivi strati d'acqua che rimontano, accumulandosi sulla superficie ondosa del mare. I galleggianti produrranno dunque gli stessi effetti, attutendo la forza dei singoli strati e frapponendosi ad essi.

Passiamo ora a ciò che di più complesso ci presenta un mare agitato da onde e frangenti. Abbiamo già detto che, a vento regolare, le onde e i frangenti si succedono pure regolarmente, in rilievi lineari paralleli, a norma della direzione del vento, quasi battaglioni di soldati che s' avanzano all'assalto. Ma i venti presentano accidentalità infinite: ora leni ora violenti; oggi con soffio regolare e perenne, domani a sbuffi, a impeti, a soprassalti; quì tiran via dritto per miglia e miglia, là si ripiegano, si spezzano, si torcono in direzione diversa. Talora, specialmente in vicinanza delle terre, o dove il mare s'interna per maniche e stretti, più venti soffiano insieme. Ciascuno ha le sue ire da sfogare, la sua marcia da seguire. Quindi il cozzo dell'onde e dei frangenti, gli incrociamenti, le interferenze, le sovrapposizioni, insomma quella pugna, quei tumulti indescrivibili, di cui sono vittime sovente le navi, battute, balestrate in tutti i sensi, in preda ad una ridda infernale. Dante, volendo descrivere la confusione e gli orrori del *secondo cerchio*, non seppe far di meglio che chiamarlo

> . . . . loco d'ogni luce muto,
> Che mugghia come fa mar per tempesta
> Se da contrarî venti è combattuto. (1).

La figura 436, riprodotta dall'opera di Ewbank, *Life in Brazil*, è quella tracciata da una matita, sospesa verticalmente nella cabina di un bastimento, nel solo intervallo d'un minuto, mentre il vento era relativamente debole

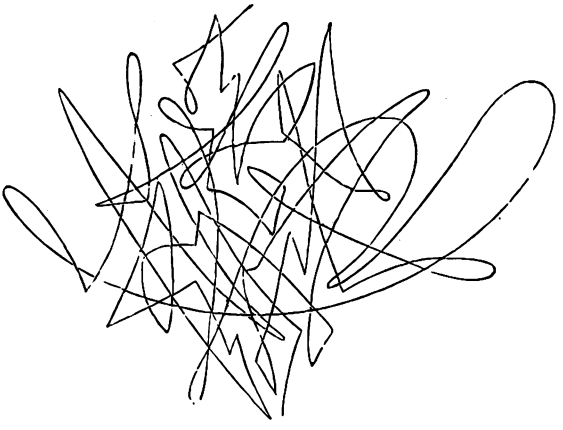


Fig. 436. — Oscillazioni di un bastimento

e moderato. Essa pertanto può darci un'idea della varietà e della stravaganza dei movimenti dei mari, a vento non regolare. Che sarà tra il formidabile cozzo delle correnti atmosferiche, nel furore delle tempeste? È questo tumulto d'onde e di frangenti che fa sentire talora ad una nave tutti ad una volta quei movimenti fatali agli stomachi male agguerriti, che si distinguono con tanti nomi più o meno barbari, e tutti egualmente antipatici, di *rullio*, *tangaggio*, *beccheggio*, ecc.

In certi momenti, e in certi luoghi principalmente, non è tanto il cozzo dei venti che produce il cozzo dell'onde, quanto il cozzo dell'onde stesse contro le acque ondose delle correnti di marea o delle correnti marine, che corrono in senso diverso od anche opposto a quello delle onde e dei frangenti, spinti nel senso della direzione del vento. È questo che rende talora così terribili le tempeste che infuriano a ritroso del *Gulf-Stream* nell'Atlantico, principalmente nello stretto della

(1) *Inferno* V.

Digitized by Google

Florida o nel golfo del Messico, obbligando la corrente a rifluire sopra sè stessa, a rovesciarsi sui lidi, causa d'infiniti disastri. Famose per altezza smisurata sono le onde che assalgono le navi allo sbocco dello stretto di Magellano nel Pacifico, quando le acque, spinte dai venti nella direzione dello stretto medesimo, cioè da est a ovest, vengono d'un tratto ad incrociarsi colla grande corrente, chiamata corrente del capo Horn, e più in là verso l'equatore, corrente di Humboldt o del Perù, che discende dal polo Antartico e rade le coste occidentali dell'America meridionale fin presso l'equatore.

7. Abbiamo parlato di onde grosse e di smisurati frangenti; e nelle descrizioni di tempeste di mare, occorre sovente la similitudine di onde come montagne; ma ora conviene determinare il valore relativo di questi epiteti e di queste iperboli. S'osserva che, a pari condizioni del resto, la potenza, o quello che si direbbe il volume delle onde, è tanto maggiore quanto è più vasto il bacino che ondeggia. Nei laghi le onde non s'elevano mai tanto come nel mare; nei mediterranei e nei golfi non mai tanto quanto negli oceani. La cosa s'intende benissimo, appena si rifletta che la maggior superficie offre maggior agio di accumularsi e di sommarsi a quei movimenti, a cui si deve la formazione così delle onde come dei frangenti.

Secondo l'ammiraglio Smyth, le onde del Mediterraneo non raggiungono nelle maggiori tempeste che un'altezza che varia da 4 a 6 metri, levandosi in via eccezionale fino a 9 metri. Secondo il capitano Scoresby, per le onde dell'Atlantico settentrionale si può calcolare un minimo di $5^m,80$, e un massimo affatto eccezionale di $13^m,10$. Nell'Atlantico meridionale e nel grande oceano del sud, toccano altezze molto maggiori. Non sono rare le onde di 15 a 18 metri, e Dumont D'Urville afferma d'averne veduto salire fino all'altezza di 33 metri.

Quanto alla larghezza, data dalla misura della base di ciascun'onda, essa varia di molto. In genere cresce col crescere dell'altezza; ma non si può stabilire una proporzione costante tra le due dimensioni. Si calcola che in media l'altezza stia alla larghezza in ragione di 1 a 15. Un'onda alta 1 metro avrebbe quindi una larghezza di 15 metri, come un'altra alta 10 metri ne avrebbe una di 150^m.

Molto si è disputato, con considerevoli discrepanze di giudizi, circa la profondità a cui può trasmettersi, in grado sensibile, il movimento delle onde. Un tempo la si voleva ridurre soltanto ad una decina di metri. Ma la profondità di 50^m può già ritenersi come la minima per le onde di tempesta. Il rumore e il riflusso verso la superficie dell'onde che incontrano scogli sottomarini; la torbida che si solleva talvolta dal fondo in aperto mare e le tracce d'erosione che presentano i testacei pescati a considerevoli profondità, mettono del resto fuor di dubbio che, nelle più grandi tempeste, l'azione meccanica delle onde si fa sentire ancora con certa forza fino alla profondità di 100, e, in via eccezionale, di 200 metri (1).

8. Abbiamo detto che la velocità delle onde è più apparente che reale, nel senso che il moto di traslazione è relativamente assai piccolo, anzi difficilmente percettibile. Esiste però sempre la trasmissione orizzontale del movimento da onda a onda, causa principale dell'ondeggiamento, di cui si può misurare la velocità, tenendo dietro coll'occhio o con opportuni istrumenti allo spostamento orizzontale dell'onde medesime. Si può dire pertanto essere apparente il cammino dell'acqua sopra una superficie ondeggiante, ma reale il cammino dell'onda. L'osservazione ha dato che, ad altezze pari, le onde camminano tanto più veloci, quanto l'acqua è più profonda. Trovo intanto che la velocità media dell'onde di tempesta si può fissare, con certa approssimazione, a 22 metri per minuto secondo, quindi a 79 chilometri per ora. Parlando d'altezze, larghezze e profondità, abbiamo sempre inteso d'aver a che fare con onde o frangenti di mare aperto, che scorrono senza incontrare ostacoli sopra un piano liquido. Ben altra cosa è se parliamo di onde o di frangenti che vanno a rompere contro i lidi o gli scogli. Nell'atto che anche le semplici onde s'approssimano, e vanno quindi ad urtare contro la spiaggia o contro uno scoglio, appena diminuisca la profondità delle acque, le onde stesse sentono la reazione del fondo, che, tendendo a respingerle, le solleva verticalmente e le trasforma in frangenti. Peggio poi se si tratta di frangenti già formati. Se il lido si solleva a lento pendìo verso la spiaggia, già talora a molta distanza da questa l'onda comincia a ribollire con fragore, come torrente che scorra sopra un letto roccioso. Mano mano che s'avvicina alla spiaggia, rugge, ribolle e si rigonfia sempre

(1) Vedi addietro a pag. 627.

Digitized by Google

più, rifluendo spumosa sopra sè stessa, come corrente che incontri un ostacolo qualunque, poi si distende rotolando sull'asciutta spiaggia, coprendola fino a molta distanza di spume. Quando invece l'onda va a battere contro una spiaggia dirupata, o contro uno scoglio, l'urto è spaventoso. La cresta dell'onde si erge in frangente, quasi muraglia di spume che strapiomba e si ripiega a volta sul davanti, finchè, lanciata sempre più in alto dall'urto, ripiomba con spaventoso fracasso sopra sè stessa o, superato l'ostacolo, lo inonda, precipitando sovr'esso come la cataratta d'un fiume. Mirabile è l'altezza e la forza di queste masse d'acqua che s'infrangono contro una parete rocciosa. Le spume furono viste talvolta levarsi come pennacchi vulcanici fino all'altezza di 100 metri e più, ripiombando in seguito sugli scogli e sui fari. È in questi casi che massi di centinaia di tonnellate furono visti strappati dal fondo, spostati, ruzzolati o lanciati a molti metri di distanza.

IV. **Le maree.**

9. Tra i fenomeni tellurici è difficile trovarne uno più complicato e più arduo ad abbracciarsi ne' suoi infiniti particolari di quello del flusso e riflusso, ossia delle maree. Un po' che lo si studi questo fenomeno, si vede subito a prima vista dover essere la risultante di così numerosi coefficienti, tutti variabili, da ridurre a disperazione fin dai primi passi qualunque più valente matematico che volesse tentare di soggiogarne al calcolo così le cause come gli effetti. È questa la ragione per cui il fenomeno delle maree, benchè studiatissimo da molti, rimane ancora per moltissima parte allo stato di problema; tanto che v'hanno valenti scienziati i quali rifiutano ancora le stesse leggi fondamentali ammesse dall'universalità, fino al punto da considerare le maree come un fenomeno, non già sostanzialmente, ma appena accidentalmente legato all'influsso ed ai movimenti del nostro satellite. Ma i nostri lettori sanno già invece benissimo quale sia la forza d' attrazione che essercitano i corpi celesti sulla massa del pianeta, e quali ne siano in terra gli effetti; sanno che questa attrazione, che tende a vincere la resistenza opposta dalla forza centripeta e dalla coesione dei corpi, spostando le molecole che compongono il globo, nulla o poco efficace sulla massa solida del pianeta, e sull' atmosfera che lo involge, si esercita efficacissima sulle acque; sanno che praticamente, come forza motrice apprezzabile in questo senso, l'attrazione va considerata come un' azione che appartiene soltanto ai due grandi luminari, il sole e la luna; sanno finalmente che la forza d' attrazione, agendo in ragione diretta delle masse e inversa delle distanze, la luna, per la sua massima vicinanza al nostro pianeta, è quella che finisce ad essere padrona della posizione, esercitando quel massimo di attrazione da cui dipende principalmente il fenomeno delle maree (1). Non ci rimane adunque che di ajutarci in tutti i modi per far intendere almeno ciò che crediamo esserci praticamente di più fondamentale in questo multiforme movimento a cui vediamo ubbidire l'università delle acque terrestri.

Mettiamo dunque per ipotesi che il mare coprisse di uno strato acqueo uniforme tutta la Terra; poi, per chiarire ancor meglio in che consista fondamentalmente il fenomeno delle maree, mettiamo da parte altre condizioni reali che lo rendono complicatissimo, considerando dapprima soltando il moto apparente della luna, ossia il moto di rotazione della Terra, che si compie realmente in 24 ore, ma, per rapporto alla Luna in 23 ore 50 minuti all' incirca; poi supponendo che la Luna, in luogo di spostarsi, come fa il Sole, sulla fascia zodiacale, oscillando alternatamente da nord a sud e da sud a nord, giri costantemente sull'equatore; ossia, altrimenti, supponendo che la Terra presenti successivamente tutti i punti dell' equatore direttamente alla luna, in guisa che l' azione massima di questa si eserciti su un punto medio tra i due emisferi. Ridotti a questa ipotetica semplicità di termini, fissiamo la luna sopra un punto qualunque dell'equatore, e domandiamoci che cosa avverrebbe se le acque fossero diffuse uniformemente su tutta la superficie del globo. La risposta sarà facile, ajutandoci con una figura.

La fig. 437, ci rappresenta la sezione verticale del globo parallelamente all'equatore. Il circolo interno $a\ b\ c\ d$ si suppone corrispondere al livello minino delle acque, che si verifica a bassa marea successivamente nei diversi punti tutt' all' ingiro dell' equatore e rispettivamento su tutta la superficie del globo. Il circolo esterno $a'\ b'\ c'\ d'$ rappresenta invece la media altezza delle acque successivamente nei diversi punti, nell' istante medio

(1) Vedi la parte astronomica, a pag. 219 e seg., nella quale fu già esposta la teoria generale delle maree.

Digitized by Google

tra la bassa e l'alta marea. Ora fissiamo la luna verticalmente sul punto a, in corrispondenza col raggio a, e, nell'istante in cui nel punto a, per un supposto, suoni il mezzogiorno. Tutte le acque distese sul semicerchio b a d, stante il massimo d'attrazione lunare, che si esercita nel punto a, dovranno fluire verso il punto medesimo, dove, salendo oltre il punto a', livello della media, guadagne-

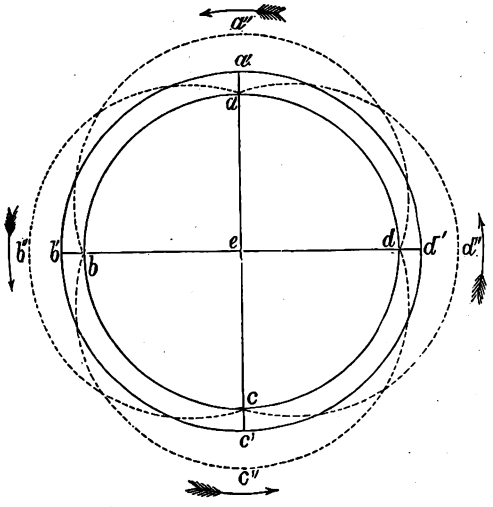


Fig. 437. — Teorica delle Maree.

ranno il punto a'', livello della massima alta marea. Non badando ai ritardi che devono aver luogo per vincere l'inerzia, perchè arrivino realmente le acque in quel dato punto, il flusso, massimo nel punto a, e minimo, anzi ritenuto a zero nei punti b d, produrrà un rigonfiamento su tutto il cerchio b. a, d, indicato dalla linea punteggiata b a'', ossia su tutto il corrispondente emisfero, che avrà il suo vertice in a'', punto della massima marea in quell'istante del mezzogiorno.

Sei ore più tardi (sempre nel supposto che la luna compia il suo giro apparente in 24 ore precise), cioè alle 6 pomeridiane, la luna si trova sul punto b. Ripetendo lo stesso ragionamento che abbiam fatto pel punto a, si verifica ora sul punto b l'istante del massimo flusso, e un rigonfiamento sul semicerchio a b c, pari all'altro descritto, indicato egualmente sulla figura dalla linea punteggiata a b'' c. Si badi bene però che la luna, arrivata sul punto b, mentre esercita la sua attrazione su tutta la superficie dell'emisfero corrispondente al semicerchio a b c, non ne esercita più nessuna su l'emisfero opposto, corrispondente al semicerchio a d c. Perciò le acque che ricoprono il quarto di sfera, corrispondente al quarto di circolo a d, attratte e sollevate dapprima verso il punto a'', rifluiranno spontaneamente verso il punto d; e quelle che occupano il quarto di sfera corrispondente al quarto di circolo a b, saranno attratte verso il punto b. Così, mentre rimontano da una parte dal punto b fino al punto b'', discenderanno dall'altra dal punto a'' prima alla media a' e quindi fino al minimo livello a. Ecco che nel punto a, 6 ore dopo il massimo flusso si è verificato il massimo riflusso.

Sei ore più tardi, cioè nel punto di mezzanotte, il punto b si trova d'essere andato soggetto alla stessa vicenda. La massima marea alta si è perciò portata in corrispondenza col punto c. Ma non si lasci sfuggire che, nell'atto che la luna è arrivata al punto c, non esercita più la sua azione attrattiva sul quarto di cerchio o d'emisfero b. a, per cui le acque, attratte verso il punto b'', rifluiranno verso il punto a che abbiam lasciato al livello infimo alla bassa marea. Questo livello dovrà quindi alzarsi, e avremo, nel punto di mezzanotte, una seconda alta marea in a, la quale potrà arrivare, per esempio, al livello della media a', ma non mai a quello della massima a''. Ecco come nel corso delle 24 ore abbiamo già due volte il flusso, con un riflusso fra il primo e il secondo.

Ma non è finita. La luna, arrivata dopo 18 ore, cioè alle 6 di mattina, nel punto d, farà quello che ha già fatto successivamente nei tre punti a b c; cioè vi determinerà, per l'afflusso di tutte le acque all'ingiro, l'alta marea, in d, producendo il rigonfiamento segnato dalla punteggiata a d'' c; quindi nel punto a le acque si abbasseranno di nuovo fino al livello minimo a, e ci avremo, nel corso delle 24 ore, una seconda bassa marea.

Concludendo da tutto questo ragionamento, nel corso delle 24 ore alternano nel punto a due volte l'alta e la bassa marea, con decisa prevalenza però della prima alta marea, determinata dall'azione diretta della luna. Questa chiameremo *massima marea diurna*. Lo stesso ragionamento, fatto sul punto a, avremmo potuto farlo sui punti b c d, presi a distanze, come su tutti i punti successivamente di cui si compone il circolo dell'equatore: il che vuol dire che su tutti i punti dell'equatore, e per conseguenza su tutto il globo, nell'ipotesi che fosse tutto ricoperto dalle acque, dovrebbe, e deve, in quanto la realtà della varia distribuzione delle acque il consente, verificarsi due volte al giorno il fenomeno tanto dell'alta quanto della bassa marea.

Digitized by Google

Continuando a ragionare nell'ipotesi, ne deduciamo che, due volte al giorno, le acque di ciascun emisfero sono costrette a fluire verso un punto dell'emisfero stesso; punto che si muta continuamente, facendo tutto il giro del globo, spostando successivamente il punto a cui fluiscono le acque. Avremo dunque un gran sistema di correnti che fluiscono due volte verso quel punto e due volte ne rifluiscono.

10. Dall'astratto dell'ipotesi, dobbiamo discendere a poco a poco al concreto della realtà, e vedere come devono andare e di fatto vanno le cose, nei rapporti in cui si trova realmente la Terra a fronte del suo satellite, poi à fronte dell'altro principale coefficente delle maree, che abbiam detto essere il sole, e finalmente nei rapporti che deve avere il fenomeno colla distribuzione della terra asciutta e delle acque, cioè delle terre e dei mari, sulla superficie del globo, il quale non è già coperto uniformemente dalle acque, ma coperto soltanto per circa $^3/_4$ da acque divise in bacini grandi e piccoli, con enormi differenze di estensione e di profondità.

Lasciamo di ripetere che il satellite compie il suo giro apparente intorno alla Terra, non già in 24 ore ma in 24 ore e 50 minuti; per cui le diverse fasi del fenomeno subiranno tutti i giorni, relativamente a ciascun punto, un ritardo di 50 minuti. Ricorderemo invece come la luna oscilli da sud a nord e da nord a sud; il che vuol dire che oscillerà anche nello stesso senso il punto di massimo rigonfiamento. La realtà ci obbliga in terzo luogo a subire l'intervento del sole, e quì fermiamoci un momento.

Tutti sanno che il sole e la luna, benchè facciano approssimativamente (prescindiamo dalle distanze) lo stesso cammino diurno all'ingiro della terra e l'annuale tra l'uno e l'altro tropico, questi due pellegrini del cielo viaggiano, si direbbe, ciascuno a loro posta, salvo l'avvicinarsi più o meno, ed anche l'incontrarsi qualche rarissima volta sullo stesso raggio tirato dal centro del pianeta terrestre. Siccome ciascuno dei due astri esercita la sua attività attrattiva indipendentemente dall'altro, l'effetto sarà, abbiam detto, una risultante continuamente variabile di tempo, di spazio e di quantità. Tre casi noteremo ad ogni modo come estremi delle diverse combinazioni. 1.° Quando il sole si trova in congiunzione perfetta colla luna, cioè sullo stesso raggio che va dal centro della Terra al centro del sole, passando pel centro della luna. In questo caso, od ogniqualvolta i singoli ci si approssimano, l'attrazione del sole e della luna si sommano, ed avremo il massimo dei massimi d'alta marea. 2.° Quando il sole si trova sopra un raggio sensibilmente obbliquo a quello dove si trova la luna; e allora avremo elisa in parte la virtù attrattiva della luna; quindi diminuito il valore dell'alta marea, e questa come risultante in un punto medio tra due raggi della Terra corrispondenti ai due corpi celesti. 3° Quando il sole si trova rivolto verso l'emisfero opposto a quello ove si trova la luna; nel qual caso non ci sarà nessuna, o quasi nessuna elisione della virtù attrattiva della luna, e quindi un massimo di alta marea, sempre però inferiore a quello che si verifica nel primo caso. Siccome queste diverse combinazioni si succedono ad intervalli di mesi e di anni, avremo, oltre una massima marea diurna, massime mensili e massime annuali. Se parliamo poi della perfetta congiunzione dei due corpi celesti, questa non può aver luogo, relativamente ai diversi punti del globo, che a lunghi intervalli, anche di secoli, come hanno luogo soltanto ad intervalli di molti anni ed anche di secoli le eclissi totali di sole. Avremo dunque anche delle massime maree secolari; quelle che in tempi passati, combinandosi casualmente colle tempeste, hanno segnato talvolta nella storia fisica dei diversi paesi date nefande, per rotture di banchi e di dighe, irruzioni di mare e catastrofi di coste.

Al postutto però ciò che rende disperatamente complicato il fenomeno delle maree, è il fatto che la superficie della Terra è sparsa di continenti e di isole, che ripartono il mare in un certo numero di maggiori, ed in un numero infinito di minori bacini. S'immagini che cosa deve nascere dall'acqua di tutto un emisfero, che, sollecitata a dirigersi verso un punto, divenuta corrente, trova tanti ostacoli sulla sua via. Continenti ed isole, penisole, capi, promontorî, scogli, le contrastano per ogni dove il cammino. Per continuarlo comunque, l'acqua è costretta a dividersi, dapprima in grandi corpi, in corrispondenza cogli oceani, quindi in corpi minori, in corrispondenza coi diversi mari, poi in torrenti parziali che s'ingolfano nelle baie, nelle maniche, negli stretti, perdendosi talora in un vero labirinto di canali d'ogni forma. Quello che ne deve nascere, e ne nasce a dispetto di qualunque teorica, è un brulichio, un va e vieni, un cozzo indescrivibile, un intreccio indecifrabile di correnti.

Per intenderci il meglio che si può in con-

Digitized by Google

creto, osserviamo intanto qual'è di fatto l'attuale distribuzione delle terre e dei mari, per veder subito come deve alterarsi radicalmente tutto quello che abbiamo supposto verificarsi, nell'ipotesi che il mare ricoprisse tutta la superficie della Terra.

Il primo grande tratto che ci presenta l'orografia terrestre è quello dell'aggruppamento dei continenti intorno al polo artico, donde le grandi masse continentali partono verso sud, dilatandosi così da occupare la massima parte dell'emisfero boreale, assottigliandosi in seguito per presto sparire dall' emisfero australe, occupato quasi per intero dalle acque. Non vale darci la pena di stabilire delle proporzioni. Il fatto è troppo visibile e parlante. L'idrografia naturalmente non può che atteggiarsi all' orografia. Come vi sono due principali masse continentali, l'antico mondo e il nuovo, che si dirigono in corpo verso sud, attraversando l'equatore, il primo fin verso il 35.°, il secondo fin verso il 55.° di latitudine australe; così l'oceano rimane diviso dapprima in due, poi, per l'intervento dell'Australia, in tre grandi oceani, o bacini principali, che sono l'Atlantico, l'Indiano e il Pacifico. Ciò basta perchè sulla massima parte della superficie del globo si debbano formare tre grandi sistemi di correnti di marea, divisibili poi ciascuno per cento e per mille, mano mano che s'avanza ciascuno verso nord, tra le isole, gli stretti, le sporgenze e i mille frastagli delle coste continentali. La cosa deve naturalmente presentare un massimo, che diremo di moltiplicità e di confusione, nell'oceano Atlantico, dove il mare s'interna come entro una gran valle, quasi torrente che scorra sopra un letto di scogli, e fiancheggiato da rupi e da sporgenze d'ogni foggia.

Ma il tratto più fondamentale, nel sistema attuale della distribuzione delle terre e dei mari in rapporto alle maree, è la grande divisione della superficie terrestre in due emisferi, l'uno di terre, come l'abbiamo già chiamato altre volte, l'altro di mari. Siccome l'effetto dell'attrazione, ossia lo spostamento del liquido, è proporzionale alla massa del liquido stesso che viene attratto, è naturale che l'emisfero australe avrà una decisa prevalenza sul boreale. La massa cioè delle acque, che viene attratta verso l'emisfero nord, sarà molto maggiore di quella che dall'emisfero nord viene spinta verso l'emisfero sud. Supponiamo che il punto di massima attrazione sia precisamente sull'equatore o su uno dei meridiani che percorrono l'Atlantico. Il flusso delle acque, che è chiamato dall'Atlantico meridionale e dall'oceano Antartico su quel punto dell'equatore, sarà molto maggiore di quello, che, sul punto stesso, è chiamato dall'Atlantico settentrionale. Alla differenza d'estensione dei due mari aggiungasi che il flusso antartico, venendo da un libero mare, sarà anche più veloce; mentre i continenti, le isole, i capi, gli stretti devono, secondo le leggi che governano le correnti, ritardare il flusso del nord Atlantico. Ecco come necessariamente il flusso antartico avrà una decisa prevalenza sul flusso artico. Non potendo il flusso artico far equilibrio all'antartico, questo invaderà i confini del primo, e avremo in ultima analisi, in luogo di due correnti che s'incontrano sull'equatore, una sola corrente che percorre i due emisferi da sud a nord.

11. È in questo senso, io credo, che il signor Whewell, celebre pe' suoi studi sulle maree, potè dire che l'oceano Antartico è la culla delle maree Quando si considera che l'emisfero australe è un emisfero di mari, e il boreale è un emisfero di terre; dobbiamo già ammettere a *priori* che le maree vengono dal primo e devono portarsi nel secondo, per legge di prevalenza. Che ciò avvenga di fatto lo mostrano i più recenti studi. Una delle ultime carte dell' Atlante geografico di Stieler presenta graficamente il progresso delle maree nei due emisferi mediante le linee *cotidali isorachiche*, le linee cioè di contemporaneo flusso nei diversi oceani. Queste linee rappresentano, per ogni singolo mare, la fronte della corrente, che progredisce d'ora in ora, sicchè la loro successione, indicata dai rispettivi numeri orarî, presenta graficamente la progressione della corrente. Osservando quelle carte, che la fig. 438 riproduce, unificate in un planisfero, l'idea che uno si forma del flusso è quella di un movimento da sud a nord, per cui l'oceano Antartico, ossiano gli oceani a sud dell'equatore, fluiscono, a modo di mostruosa corrente, verso gli oceani artici, entro cui si dividono in altrettanti sistemi, quanti sono gli oceani medesimi. Il fenomeno delle maree, considerato sulla sua universalità, consiste dunque in un gran movimento di va e vieni per cui quell'immenso strato di acqua, che ricopre quasi i $^3/_4$ del globo, due volte nel periodo di 24 ore e 50 minuti si spinge verso nord, e due volte ritorna verso sud.

Se tuttavia consideriamo il fenomeno delle maree nei diversi mari e nelle diverse loro specialità, esso presenta un sistema complica-

Digitized by Google

tissimo. Noi troviamo movimenti lenti e rapidi; maree altissime e maree quasi insensibili; correnti di maree che seguono direzioni diverse o anche opposte, fino al punto di determinare degli incontri e dei cozzi. Tutto però si spiega facilmente, applicando alle correnti di marea i principî dedotti dallo studio delle correnti terrestri. La marea è come un gran fiume, vasto quanto è vasto il mare, che scorre sopra un letto estremamente irregolare, che incontra tanti ostacoli quanti sono i continenti e le isole, che è costretta a suddividersi, incanalandosi nelle maniche e negli stretti, urtando contro i capi, penetrando nelle strozzature, dilatandosi nei seni. Pigliando di mira specialmente il nord Atlantico, le cui sponde sono così frastagliate, e che si trova in comunicazione con tanti bacini intercontinentali, una volta che assuma l'indole di una corrente, dobbiamo immaginarlo divenuto quasi fiume, che scorra sopra un gran letto tutto irto di scogli, onde un turbinio di correnti diverse ed opposte, rigurgiti senza numero, luoghi tran-

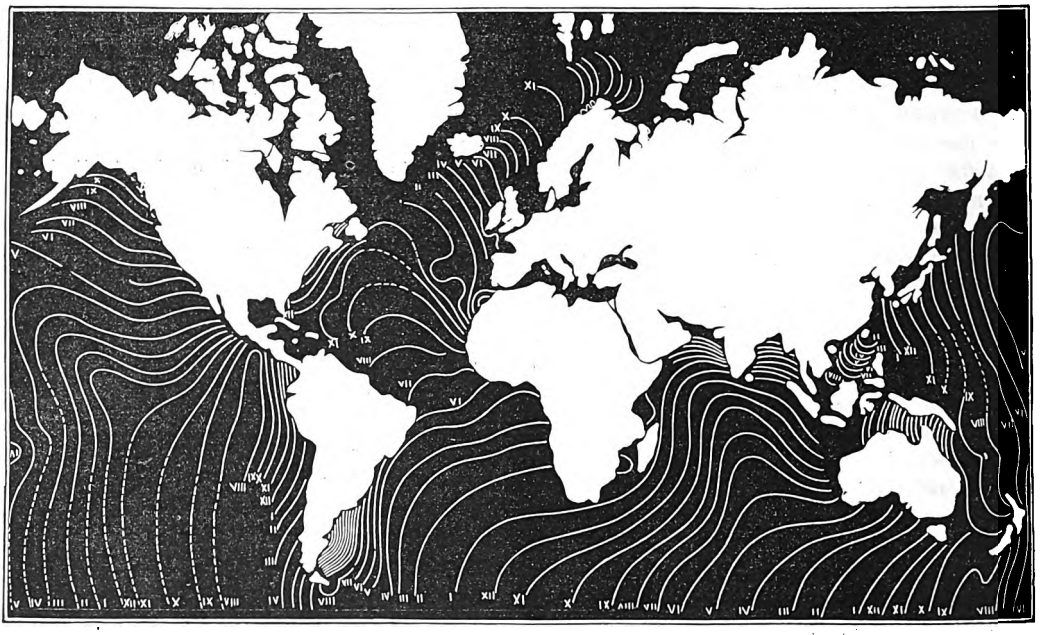


Fig. 433. — Sistema generale delle maree nei due emisferi.

quilli e luoghi tempestosi, senza però che tutto questo impedisca l'andamento generale del fiume.

12. Ma, per intendere qualche cosa e spiegarci molti dei fatti che ci presentano le maree almeno nei luoghi più conosciuti, bisogna che le consideriamo veramente come correnti; e tali son esse come meglio nol sono i torrenti e i fiumi che solcano la terra. Tutto quindi dovrà rendersi chiaro quando gli studiosi del mare avranno appreso ad applicare alle correnti di marea gli stessi canoni, le stesse leggi idrauliche che governano i fiumi.

Un primo canone è quello che la velocità d'una corrente è in ragione diretta dell'altezza della colonna acquea; in altre parole, della profondità della corrente. Il canone si verifica perfettamente per le correnti di marea, la cui velocità cresce colla profondità del mare. Si calcola che le maree percorrono 25 chilometri all'ora, se la profondità del mare è di 10 metri, di 96 se di 100. Nei mari la cui profondità è fin di 8000 metri, le correnti di marea raggiungono l'enorme velocità di 850 chilometri all'ora.

Un secondo canone è quello che, prescindendo dalle irregolarità del letto, la velocità cresce dalle sponde al mezzo della corrente; e quindi la corrente si avanza, segnando una linea parabolica, ossia una linea ogivale. Ora le linee *cotidali* o *isorachiche,* come le chiama Whewell, ossia le linee di avanzamento sincronico del flusso nei diversi mari, sono appunto linee ogivali, le quali mostrano come la marea è una corrente, ritardata dall'attrito delle sponde, mentre più veloce, perchè più libera, si avanza nel mezzo. Le carte del Whewell mettono in luce in un modo mera-

Digitized by Google

viglioso il fenomeno. La marea si avanza dall'oceano Antartico verso gli oceani artici, si insinua tra i continenti, quasi in altrettanti valli. Tre sistemi di linee ogivali descrivono benissimo l'avanzarsi delle tre grandi fiumane; la prima, che è la più distinta, nell'Atlantico tra il nuovo e l'antico continente; la seconda nell'oceano Indiano, tra l'Africa e l'Australia colle isole e penisole asiatiche; la terza nell'oceano Pacifico, tra l'Australia e il continente americano. Il fenomeno è poi sensibilissimo nei mari parziali, e principalmente negli stretti, ove l'angustia dei canali determina delle curve ogivali sentitissime. Basti, ad esempio, la carta delle linee cotidali delle isole Britanniche, pubblicata da Whewell, che descrive la progressione del flusso nella Manica e nel canale d'Irlanda (Fig. 439). Nell'uno e nell'altro dei due stretti la marea entra contemporaneamente, tanto da sud come da nord, formando due sistemi di linee ogivali contrari, che vengono ad incontrarsi coi rispettivi vertici. L'incontro delle due correnti nella Manica avviene appena a nord del passo di Calais, quindi alle foci del Tamigi.

Un terzo canone della teorica delle correnti è quello che un ostacolo a valle porta un rigurgito, ossia un rigonfiamento, a monte. Questo canone basta da solo a dar ragione della infinita variabilità dell'altezza delle maree misurate nei diversi luoghi. Si osservi, infatti, e si troverà che l'altezza della marea è tanto minore quanto la corrente è più libera, e tanto maggiore quanto è più angustiata, quanto maggiori cioè sono gli ostacoli in cui si abbatte nel suo corso. L'altezza della marea, che si calcola in media di due piedi nell'oceano Pacifico, si leva da 1 a 3 metri nell'Atlantico, a 14 metri nella Manica, a 16 nel canale di Bristol, e fino a 22 nella baja di Fundy (Nuova Scozia). Ben inteso che il rigonfiamento della marea si verifica precisamente all'incontro dell'ostacolo, cioè a monte di esso, considerata la marea come una corrente ordinaria. Le maggiori maree nella Manica si verificano a ovest dei capi, delle prominenze, delle strozzature di quello stretto. La massima altezza, p. es., quella di 14 metri, si verifica a San Malò, dove la marea, procedendo da ovest, si trova d'un tratto sbarrata dalla penisola normanna, che termina col capo della Hague.

Un movimento periodico di tutti i mari, quale l'abbiamo descritto, non può mancare di esercitare una grande influenza nella economia tellurica. Per rapporto principalmente alla geologia si consideri questo solo fatto, che le maree creano, per dir così, in tutte le regioni littorali del globo, dei terreni neutri, i quali sono alternatamente superficie di terre e fondi di mare. Così noi vediamo vasti lidi trasformarsi in golfi, città interne trovarsi d'un tratto in riva al mare, e pezzi di continente scambiarsi in isole. Nella baja di Saint-Michel, sulle coste di Normandia, il flusso si interna 10 chilometri, coprendo un'estensione

Fig. 439. — Linee cotidali delle maree nella Manica e nel canale d'Irlanda.

di 250 chilometri quadrati. Io credo che la scienza sia ben lungi ancora da un equo apprezzamento degli effetti delle maree, specialmente nei loro rapporti coi fenomeni geologici. Diremo qualche parola dei più immediati.

13. Primieramente le correnti di marea non devono essere scarse di effetti meccanici. Correnti costiere, colla velocità di 20 chilometri all'ora, quali si verificano sulle coste della Scozia, devono avere la forza di trasportare materiali di un volume molto rispettabile. Si osserva infatti come la marea, colla sola velocità di uno a tre miglia all'ora, vale a smuovere

Digitized by Google

i fanghigli e le sabbie. Talvolta l'onda di marea si propaga colla violenza della tempesta. Quei *reis* o *mascaret* così spettacolosi, che si avanzano formidabili entro le baje e gli estuari soggetti a forti maree, non sono appunto che correnti di marea, così veloci e così gonfie, che la loro fronte si avanza sul liquido piano al modo stesso che il fiotto della tempesta si avanza e rotola sul lido. Alle foci del Rio delle Amazzoni, per es., dicesi che l'alta marea, a stagione propizia, si presenti in forma di tre grandi onde, alte da 10 a 15 metri, che si avanzano a foggia di muraglie rotanti. Ma non facciamo troppo conto di questi fenomeni straordinari, valutando assai più quell'azione lenta, continua, che le maree esercitano su tutti i litorali, e su tutti i bassi fondi, ove dev'essere enorme l'effetto accumulato coi secoli.

Merita speciale riflesso l'influenza che può esercitare la marea, non per sè sola, ma addizionando la sua potenza erosiva alla potenza erosiva della tempesta. Abbiamo già potuto formarci un'idea della violenza, con cui le onde sollevate dai venti e specialmente dai cicloni, assalgono le coste e le demoliscono. Immaginate che, nel furore della tempesta, le onde, già formidabili, venissero, per una causa estranea qualunque, ad alzarsi 10 o 15 metri di più, acquistando inoltre la forza impulsiva d'una corrente. Eppure questo avviene ogniqualvolta l'alta marea si determini in un punto agitato dalla tempesta. Gli annali dei grandi disastri, che, ad intervalli di secoli, avvennero sulle coste, dicono come quella straordinaria violenza del mare dipenda dalla coincidenza in un dato punto di una tempesta con una delle massime maree. È allora che i cordoni littorali, i quali da secoli difendevano le lagune dalla furia del mare, vennero spezzati; è allora che villaggi e città, che si tenevano pienamente sicuri, si trovarono d'un tratto preda delle onde.

Nei rapporti geologici però gli effetti più importanti sono quelli che risultano dall'associazione delle correnti di marea colle correnti di terra, il cui incontro avviene entro i dominî degli estuarî. L'incontro di due poderose correnti, che camminano in senso contrario l'una all'altra, di due correnti delle quali l'una è dolce e l'altra è salata, non può non avere una grande influenza, e meccanicamente sulla distribuzione dei detriti, cioè sul fenomeno della *deltazione*, e fisiologicamente, modificandosi la natura delle acque, sugli organismi destinati a tal genere di ambienti.

Ma per esaurire ciò che riguarda i moti del mare, ci resta il più. Perchè non sembri esagerazione, basti il dire che il mobile intreccio delle correnti di marea, che abbiam visto tanto complicato, è, per dir così, tessuto sopra un altro mobile intreccio, non meno universale, ma assai più grandioso, e l'unico che possa dirsi veramente costante. Parlo delle correnti marine, o piuttosto della circolazione universale dell'oceano.

V. Le correnti oceaniche o la circolazione del mare.

14. Nel fenomeno delle maree abbiam visto il *Ministro maggior della natura* cedere la mano all'umilissima ancella della Terra. Qui il sole ripiglia il suo posto di potenza e di dignità. Non si tratta più di un semplice palpito, onde alternatamente si sollevi e s'abbassi il gran seno del *vecchio Oceano*, come lo chiamarono gli antichi poeti; ma si tratta di vederlo tutto perennemente sommoversi, rimescolarsi, torcersi, come smisurato serpente nelle immani sue spire. Siamo di fronte ad uno dei tratti più grandiosamente provvidenziali di quello stupendo magistero dell'economia tellurica, da cui dipende la conservazione e il benessere di quanto ha vita in sulla Terra. Per prepararci a comprenderlo, torniamo a quella prima ipotesi che abbiam messo avanti parlando delle maree, all'ipotesi cioè di un mare stagnante, che coprisse di uno strato acqueo uniforme tutta la superficie del pianeta.

Il sole piove la sua luce e il suo calore su tutta la Terra: ma nel suo giro annuale, portando alternatamente i suoi raggi diretti dall'uno all'altro tropico, misurando così due volte la zona equatoriale, su questa versa, con decisa prodigalità, la sua virtù calorifica, talchè essa prende il nome di *Torrida*. Relativamente avaro della sua luce e del suo calore si mantiene invece verso le regioni a nord o a sud dei due tropici, che per ciò si chiamarono temperate; e più ancora verso quelle delimitate dei due circoli polari, che perciò si chiamarono fredde. Guai se il mare e l'atmosfera non fossero ugualmente impegnati, con doppio magistero, alla distribuzione del calore, sicchè gli eccessi della zona torrida non fossero destinati a correggere il difetto delle zone temperate o fredde. Vediamo ora soltanto la parte che di questo magistero spetta al mare.

Sotto alle vampe dei tropici le acque della zona equatoriale si riscaldano così, che, se

Digitized by Google

potessero rimanere immobili, ribollirebbero come ci entrassero a mille a mille torrenti di fuso metallo. Ma col riscaldarsi si dilatano; dilatandosi, si fanno leggiere, in confronto di quelle che, assai meno riscaldate, od esposte addirittura ai rigori dell'atmosfera polare, le fiancheggiano, coprendo, al di là dei due tropici, l'uno e l'altro emisfero. Tutto questo non può avvenire senza che, per le leggi dell'idrostatica, tutte le acque dell'oceano non si sentano forzate a prendere un movimento il cui effetto altro non può essere che lo scambio tra le acque fredde e le calde. In quale direzione si opererà questo scambio? Con quali leggi?

Che cosa debba avvenire, tanto nel caso ipotetico d'un mare che copra uniformemente la Terra, quanto nel caso pratico della distribuzione attuale delle terre e dei mari, lo spiega il Maury, con una similitudine opportunissima. Suppongasi un globo avente le dimensioni e i moti della terra. Sia esso involto da uno strato d'acqua della profondità di 200 piedi. Suppongasi che su una zona, corrispondente alla zona torrida, quell'acqua diventi di un tratto olio, fino alla profondità di 100 piedi. Eccoti l'olio riversarsi lateralmente sulle acque ed allargarsi verso i poli, formando due smisurate correnti, mentre le acque rimaste lateralmente, non più sostenute, si precipitano sotto le correnti stesse verso l'equatore. Per la stessa legge, cioè pel moto di rotazione, che determina la direzione obliqua dei venti alizei o dei venti extratropicali, le correnti oleose si dirigerebbero, partendo dall'equatore, verso il polo artico per una via obliqua, ossia per una spirale svolgentesi da sud-ovest a nord-est, e verso il polo antartico per un'eguale spirale da nord-ovest a sud-est. Le correnti acquee poi partirebbero dai due poli, dirette verso l'equatore, sopra una spirale rispettivamente da nord-est a sud-ovest pel polo artico e da sud-est a nord-ovest pel polo antartico. Basta supporre che l'olio ridiventi acqua verso i poli, e l'acqua diventi olio verso l'equatore, per vedere stabilito un circolo perpetuo di correnti, che si scambiano dall'equatore ai poli, e dai poli all'equatore.

Mutati i termini, l'ipotesi è un fatto. L'acqua sotto la zona torrida, se non diventa olio, diventa qualche cosa che gli assomiglia in confronto dell'acqua che si trova sotto le latitudini più alte.

Sotto la zona torrida infatti l'acqua si riscalda, si dilata e diviene quindi più leggiera dell'acqua, che invece sotto le alte latitudini si raffredda, si condensa e quindi diviene più pesante. L'acqua della zona torrida tenderà quindi a riversarsi verso i poli, galleggiando sulla fredda che tenderà dai poli all'equatore. Ma l'acqua fredda, mano mano che arriva all'equatore, si riscalda; e l'acqua calda si raffredda, mano mano che si porta ai poli. È il caso precisamente dell'acqua che perpetuamente si cambia in olio, e viceversa, mantenendo un moto giratorio perpetuo. Fu anche notato che, stante le sue proprietà fisiche e chimiche, l'acqua che arriva dall'equatore ha pochissima affinità con quella che viene dai poli. La *corrente del Golfo* si mantiene così distinta in mezzo all'Atlantico, come fosse veramente un fiume d'olio scorrente in un letto d'acqua. Ciò deve giovare assai a rendere più spiccato, più deciso il sistema della circolazione marina.

Il sistema della circolazione marina, supposto che il mare ricoprisse tutta la superficie del globo con uno strato d'acqua dovunque di eguale profondità, dovrebb'essere della massima semplicità nel suo impianto. Le acque equatoriali si porterebbero, in forma di due grandi correnti superiori, dall'equatore fino ai due poli; e le acque polari si portebbero, come due correnti inferiori, verso l'equatore. Ma è facile intendere, sopratutto dopo quanto abbiam detto, partendo dalla stessa ipotesi, delle correnti di marea, come, lasciate da parte altre ragioni, l'esistenza dei continenti e delle isole, con tutti gli accidenti di configurazione delle coste e del fondo, devono modificare profondamente, se non radicalmente, questo nuovo sistema d'universale circolazione. Nel caso pratico abbiamo anche qui le terre aggruppate intorno al polo artico, e il mare che in seno ad esso si divide dapprima in grandi, poi in piccoli bacini. Ogni grande bacino è una gran valle; i minori altrettante valli più piccole entro il cui letto è forzato a dividersi l'oceano, a cui la scienza moderna ritornerebbe quel nome stesso di fiume, che gli diede l'ignoranza degli antichi. Se si parla specialmente delle acque a nord dell'equatore, distribuite in grandi corpi in seno alle terre addensate nell'emisfero boreale, ognuno è capace d'intendere come quel gran circolo, che compirebbero le acque boreali nell'ipotesi di un oceano universale, deve dividersi in un certo numero di circoli parziali, ciascuno dei quali sarà modificato dalla forma parziale e da tutti gli accidenti orografici di ciascun recipiente. Ma avremo per ciascuno di questi reci-

Digitized by Google

recipienti, tutti più o meno perfettamente sbarrati o chiusi a nord dalle artiche terre, qualche cosa che li assomiglia fondamentalmente. In tutti avremo infatti necessariamente l'urto delle acque provenienti dall'equatore contro l'artiche terre, tendenti a respingerle: da ciò necessariamente un riflusso di acque da nord a sud; quindi, per pari necessità, una parziale circolazione in seno a ciascuno dei grandi bacini. Nulla che meglio risponda al fatto che ciascuno può già vedere espresso nella tavola delle *Correnti oceaniche superficiali* (1). L'Atlantico, dove il circolo delle acque è più perfetto e al tempo stesso meglio conosciuto, ci serve di saggio e d'unità di misura.

15. Ricordo ancora come Colombo sia stato il primo che, nel suo terzo viaggio verso le regioni tropicali, avvertisse un movimento del mare in quelle vaste regioni che stanno tra il tropico del Cancro e l'equatore; dal che conchiuse che l'oceano si muovesse tutto col cielo, il quale, secondo le idee ancora vigenti in allora, girava da est a ovest. Egli aveva così scoperta una vasta porzione di quella grande *corrente* che poi chiamossi *Equatoriale;* fiume smisurato che attraversa l'Atlantico dalle coste d'Africa a quelle dell'America meridionale, parallelamente all'equatore. Essa fu ben determinata da Daussy e da Humboldt, il quale, nel 1° volume del *Cosmo,* le assegna una velocità di 10 miglia marine, cioè di circa 18 chilometri e mezzo in 24 ore. Ma quella corrente, accostandosi alle foci del rio delle Amazzoni, si ripiega verso nord-ovest e va difilata, parallelamente alle coste americane, verso il golfo del Messico. Eccoci già avviati su quella famosa *corrente del Golfo* (Gulf-stream), che, avvertita dapprima, come pure abbiam detto, da Pietro Martire d'Angera, divenne campo inesauribile d'indagini, di scoperte, di preziose applicazioni per quanti si occuparono in seguito d'idrologia, di nautica, di geografia fisica e di geologia.

16. Il *Gulf-stream* (corrente del Golfo) è, dice Maury, un vero fiume, che scorre nel mare; è un fiume di acqua calda, entro un letto di acqua fredda; un fiume d'acqua salata entro un letto d'acqua salmastra; un fiume la cui portata è le migliaja di volte superiore a quella del Mississipì e del rio delle Amazzoni. Esce dal golfo del Messico, passa impetuoso attraverso lo stretto della Florida, si spinge verso il banco di Terranova, ove, ripiegandosi verso il nord-est, attraversa l'Atlantico, e va a dare sulle coste dell'Europa. L'Inghilterra si bagna nel bel mezzo delle sue acque.

La più volgare spiegazione ripeteva il *Gulf-stream* dal Mississipi, di cui sarebbe stato la continuazione; ma un fiume d'acqua dolce poteva partorire una corrente d'acqua salata in eccesso a lui di volume le mille volte maggiore? Franklin attribuì il *Gulf-stream* ai venti alizei nord-est, che, spingendo le acque nel golfo del Messico, le obbligavano a rifluir quindi verso nord attraverso lo stretto della Florida. L'ipotesi fu universalmente ammessa. Ma il *Gulf-stream* sarebbe nell'ipotesi una corrente discendente, e invece ascende un ben sensibile pendio, pel solo fatto ch'ella va allargandosi e assottigliandosi mentre scorre sul piano perfettamente livellato dell'oceano. Per qual legge poi, mentre il *Gulf-stream* discende il piano inclinato supposto da Franklin, la corrente artica, che gli scorre accanto, ma a ritroso, lo salirebbe?

Una corrente fredda esce diffatti dalla baja di Baffin, diretta verso sud. Incrociandosi col *Gulf-stream* presso il banco di Terranova, si partisce in due rami. L'uno scorre lungo le coste degli Stati Uniti, stretta tra il lido e il *Gulf-stream*, l'altro attraversa lo stesso *Gulf-stream* come corrente sottomarina.

La *corrente del Golfo* non è del resto un fatto isolato; essa è in intimo rapporto con un'altra corrente, anzi ne è la continuazione. Dalle sponde occidentali dell'Africa si muove una corrente marina, che, diretta verso le coste nord-est dell'America meridionale, attraversa essa pure l'Atlantico, penetra nel mare delle Antille, quindi nel golfo del Messico, d'onde esce, mutando soltando il suo nome di *Corrente Equatoriale* in quello di *Gulf-stream.* Una gran corrente adunque, con moto giratorio, si svolge nel gran bacino dell'Atlantico settentrionale, seco trascinando, in un circolo senza fine, un quarto delle acque del medesimo.

I naviganti sogliono gettare delle bottiglie in mare, contenenti degli scritti, monumenti fluttuanti delle loro imprese e dei loro pericoli, confidati all'infido elemento. Bechey imprese a delineare una carta di quelle bottiglie, che vennero per avventura raccolte. Da questa carta si rileva che le bottiglie gettate tra l'antico e il nuovo continente, tanto a nord come molto basso a sud dell'equatore, si raccolsero poi o sulle coste delle Indie occidentali, o lungo la gran corrente del Golfo. Due, tra le altre, gettate in una latitudine sud sulle coste dell'Africa, furono raccolte l'una

(1) Vedi **Tavola XXI.**

Digitized by Google

alla Trinidad (Antille), l'altra a Guernesey, nella Manica! Quest'ultima aveva dunque percorso tutta la corrente atlantica: era partita dalle coste occidentali dell'Africa; aveva attraversato l'oceano, tenendosi approssimativamente sull'equatore; s'era trovata davanti alle foci del rio delle Amazzoni; aveva passato la barriera delle Antille, per introdursi nel golfo del Messico, donde, uscita per lo stretto della Florida, aveva rasentato le coste degli Stati Uniti fino al banco di Terranova, e di là, attraversando di nuovo l'Atlantico da sud-ovest a nord-est, aveva infilato la Manica. Tale è appunto il corso della grande corrente atlantica, tracciato al presente al pari di quello di qualunque fiume continentale.

Ma il corso della corrente non finisce qui. Essa corrente, uscita stretta, quasi da una trafila, per lo stretto della Florida, sempre più dilatandosi, a guisa di ventaglio, abbraccia tutte le coste occidentali dell'Europa; qui costretta a dividersi, si butta colla sinistra nel mare che divide la Groenlandia dall'Europa verso l'Islanda e lo Spitzberg; colla destra invece si ripiega a sud; passa davanti allo stretto di Gibilterra; costeggia l'Africa nord-ovest e va a raggiungere la corrente equatoriale, colla quale si continua. L'oceano Atlantico, circa tra l'equatore e il 50° di latitudine settentrionale, è dunque trascinato, a modo di vortice, in una grande corrente circolare.

17. Come si spiega ora la formazione di questa smisurata corrente circolatoria? — Richiamando quanto abbiam detto sulla causa fondamentale delle correnti oceaniche, e considerando che qui, in luogo d'un mare universale che ricopra tutta la superficie della terra, non abbiamo che un vasto bacino di acque, di tutti gli altri grandi bacini il più chiuso in seno alle terre, ci troviamo d'avere in questa, tra le marine correnti la più classica, che noi chiameremo con termine generale *corrente circolatoria Nord-atlantica*, una gran massa d'acqua, animata inizialmente, fino ad una certa profondità, da un movimento che la spinge verso nord. Dovrebbe dunque formare un'enorme corrente superiore d'acque calde, che dall'equatore tendono verso il polo artico; mentre una massa pari tenderebbe a rimpiazzarla, fluendo come corrente inferiore, dal polo verso l'equatore. Ma le due masse, idealmente divise, compongono l'Atlantico a nord dell'equatore, il quale si distende, come imprigionato, tra le due grandi masse continentali che occupano l'emisfero boreale. Così

l'Atlantico, considerandone per ora quella porzione che forma una grande corrente, rivolta inizialmente verso nord, è obbligato a muoversi da sud a nord, come entro un imbuto, che si chiude al polo, non essendovi altra uscita che l'angustissimo stretto di Behring, al quale non si può attribuire che un'influenza affatto trascurabile sul sistema della circolazione atlantica.

Ma tutta questa massa d'acqua che si spinge, per moto diretto o per moto comunicato (non parliamo che di questo al presente), verso nord trova tra il 50° e il 60° di latitudine una barriera, cioè una specie di siepe, formata di terre, le quali, se non le impediscono affatto l'andata, le creano però un ostacolo molto forte. Formano quella siepe il Labrador col Banco di Terra Nuova, la Groenlandia, la Scandinavia colle Isole Britanniche. Già questo basterebbe a respingerla per la massima parte da nord di nuovo verso l'equatore. S'aggiunge che la massa d'acqua nella porzione nord del bacino, più quella che fluisce, formando un sistema di valide correnti, dalle diramazioni dell'Atlantico verso il polo, (stretto di Davis o baja di Baffin e nord Atlantico) tende già di moto proprio verso l'equatore, per la ragione idraulica già detta parlando della circolazione dell'oceano in genere.

L'oceano Atlantico dunque, considerando la cosa nella sua massima generalità, può considerarsi come composto, tra l'equatore e il 60° di latitudine, di due masse d'acqua, che si muovono in senso contrario, da nord a sud l'una, l'altra da sud a nord: quindi il cozzo, l'urto reciproco di due grandi correnti. Quelle due masse d'acqua, chiuse da tutte le parti entro il bacino formato dalle terre circostanti, se devono scambiarsi, se devono ciascuna portarsi al proprio destino, non possono che girarsi mutuamente di fianco.

Per spiegare la cosa, senza erigere tutto un impianto di problemi di meccanica idraulica, supponiamo una calca pigiata stretta in una piazza, e che voglia per metà volgersi verso un lato di essa, e l'altra metà verso il lato opposto. Non ci sarebbe altro mezzo, perchè ambedue le metà raggiungano in tutto, o almeno in parte, lo scopo, che quello di girare a tondo a tondo tutti insieme, come una ruota in movimento, di cui, alternatamente, ma metà discende e l'altra sale; ben inteso che quelli alla periferia avrebbero più lunga via da percorrere, misurando tutto all'ingiro la piazza, mentre quelli in mezzo rimarrebbero quasi stazionari, e quello del centro

Digitized by Google

non farebbe che girar su sè stesso. Ecco l'immagine d'una corrente circolante o circolatoria, e precisamente di quella che (prescindendo da mille particolari) deve muoversi con giro perpetuo entro il bacino dell'Atlantico, dove le persone costrette a girare sono le infinite molecole che compongono il mare.

La corrente circolatoria nord-atlantica non rappresenterebbe adunque che la porzione massima delle acque calde che tendono al polo, ma che, a mezza via, vengono respinte, come abbiam detto, da quella barriera, che le oppongono le terre. Allo stesso modo si spiegano gli altri circoli oceanici, di cui diremo parzialmente più tardi.

18. Ma la barriera delle terre a nord dell'Atlantico non è così unita e completa, che non lasci aperte alle acque calde alcune vie, per spingersi più oltre verso il polo; il che non può mancare di creare delle complicazioni. L'oceano Atlantico infatti è il solo dei tre grandi oceani, che non sia chiuso perfettamente verso nord, come lo sono, prescindendo dallo stretto di Behring di nessuna considerazione, gli oceani Indiano e Pacifico. Esso infatti si prolunga oltre la fissata barriera delle terre, con due ampie diramazioni; cioè colla baja di Baffin e il Nord-Atlantico propriamente detto. La prima, che porta impropriamente il nome di baja, è una *manica,* per cui l'oceano Atlantico, ripiegasi verso nord-ovest, tra l'America settentrionale e la Groenlandia, verso l'Arcipelago americano artico. Un'altra manica assai più ampia è quella dell'Atlantico settentrionale, la quale, chiusa tra le coste orientali della Groenlandia e occidentali dell'Europa, si spinge, con direzione nord-est, verso lo Spitzberg. Ma questo grande canale si rigira intorno al gruppo delle terre polari, fino allo stretto di Behring, dove ripiegandosi verso sud, si trova congiunto, per mezzo dei canali dell'arcipelago americano Artico, colla baja di Baffin.

L'oceano Atlantico adunque, a partire dalla punta meridionale della Groenlandia (60° di latitudine nord), forma un'ansa che rinchiude, con giro non interrotto, le terre polari. Entro quest'ansa naturalmente dovranno, per legge idrostatica, insinuarsi le acque calde, formando una doppia corrente, l'una per la baja di Baffin, l'altra per l'Atlantico settentrionale, mentre una doppia corrente dovrebbe discendere per quella doppia via, riportando verso l'equatore le acque fredde. Vediamo come la pratica risponda alla teoria.

Cominciando dalla baja di Baffin, noi abbiamo già indicato nel capitolo *Nevi e ghiacci*, parlando dei ghiacci polari, essere la baja di Baffin quasi un vero torrente di acque fredde, che fluisce verso mezzodì, convogliando quell'enorme congerie di croste ghiacciate e di montagne di ghiaccio, che vanno a sciogliersi nel tepido bagno di *Gulf-stream.* Questa corrente polare discendente fu scoperta dai famosi Caboto nel 1497. Non occorre di aggiungere parola a quanto ne abbiamo detto. Notiamo soltanto come questa corrente fredda, giunta là, verso il banco di Terranuova, dove s'incrocia colla corrente del Golfo, che attraversa tutto l'Atlantico da sud-ovest a nord-est, si biforca. Un ramo occidentale si stringe contro le coste degli Stati Uniti, come mostra la tavola delle *Correnti dell'Atlantico settentrionale* (1), mantenendosi ancora come corrente superiore, salvo l'andarsi a perdere sotto al *Gulf Stream* verso lo stretto della Florida. L'altro ramo orientale discende invece tosto, incrociando la corrente del Golfo, presso il banco di Terranuova, come lo mostrano i numerosi ghiacci galleggianti, che, abbandonati dalla corrente che li traeva da nord a sud, vanno a perdersi, cioè a sciogliersi entro le acque calde della corrente del *Gulf-stream.*

Questa corrente di acqua fredda si riversa veramente sotto la gran corrente calda, come farebbe un fiume che s'ingolfi sotterra, e con certo pendìo si avvia verso l'equatore. Il termometro è riuscito a rincorrerla ed a sorprenderla nella sua marcia sottomarina. Se verso il banco di Terranuova appare ancora alla superficie, alle isole Bahama non la si scopre che a 400 metri di profondità.

Ma se la baia di Baffin, colla sua corrente discendente, conduce verso l'equatore le fredde acque dei bacini polari interni, bisognerà pure che ci sia una corrente, naturalmente calda, che rimpiazzi salendo quelle acque discendenti. Trovo che si parla infatti di una corrente ascendente che si renderebbe sensibile sulle coste occidentali della Groenlandia, e la si vedrebbe anche segnata, con angusta traccia, nelle due tavole annesse a questo capitolo. Io però mi permetto di credere che si tratti tutt'al più di qualche mal definita accidentalità; come sarebbe, per esempio, quella d'un semplice rigurgito della corrente discendente sopra sè stessa. Tali rigurgiti, che prendono l'apparenza di contro correnti, hanno luogo facilmente sulle coste per tutte le correnti marine, quando urtano contro un ostacolo,

(1) Vedi la **Tavola XXII**.

Digitized by Google

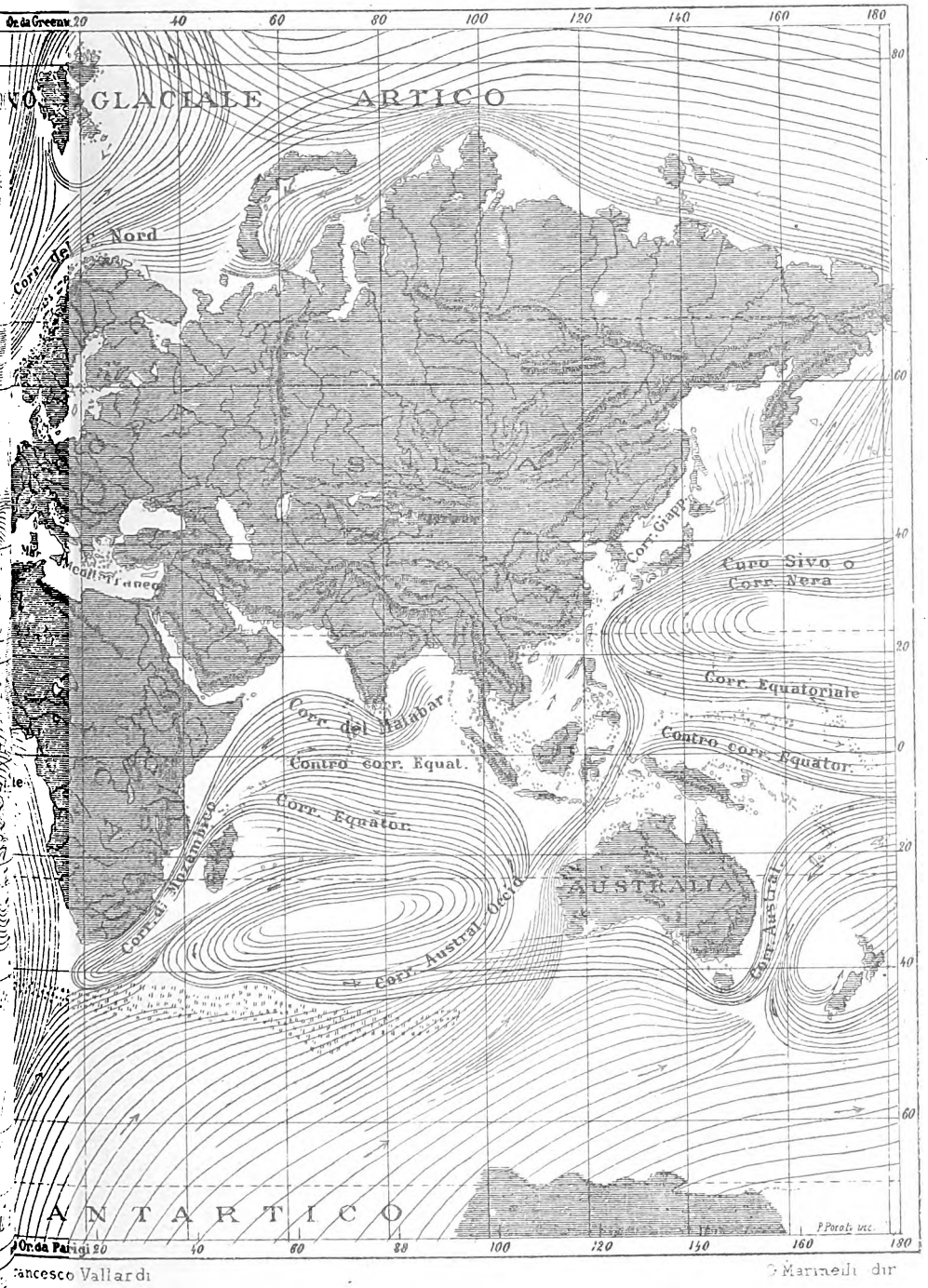
Digitized by Google

CORRENTI OCEANICHE

Lit P Porati

Casa Edit Dot

Digitized by Google



Francesco Vallardi

G. Marinelli dir

Digitized by Google

Digitized by Google

quale sarebbero un'isola, un capo, un promontorio. Io non trovai farsi cenno di questa corrente ascendente nè dal Maury, nè nelle descrizioni dei più classici viaggi d'esplorazione per la baia di Baffin. È un fatto a cui abbiamo già accennato quello della sortita dei ghiacci galleggianti dai *fiords* della Groenlandia occidentale nella stagione del disgelo. È descritta come fenomeno spettacoloso questa sortita, per cui quei numerosi canali, lunghi e stretti come le gole che s'internano nei monti, incrostati di ghiaccio e sparsi d'infinite montagne galleggianti arrestate alla ghiaccia durante l'inverno, si vuotano in pochi giorni, rimanendo liberi interamente, come i nostri laghi subalpini. Quelle montagne di ghiaccio infilano come un esercito lo sbocco dei *fiords* e vengono immediatamente trascinate verso sud dalla corrente che discende dalla baia di Baffin. Come si può dunque ammettere che una corrente ascendente percorra le coste occidentali della Groenlandia?

Eppure, torniamo ad affermare, una corrente ascendente, che si dirami dall'oceano Atlantico deve esistere certamente. Se non si mostra come corrente superiore, è forza concludere che esista come corrente inferiore. Le prove esperimentali della sua esistenza sono del resto riportate dal Maury, e ci son date dalle stesse montagne galleggianti, di cui la baia di Baffin è, come abbiam visto, il principale, per non dir l'unico scaricatore.

Quando un masso galleggiante, che discenda per la baia di Baffin, venisse per caso a dare nel filo della corrente inferiore, se questa vince di forza la superiore, il masso ne sarà trascinato e ritornerà verso il polo. Or bene questa corrente esiste violentissima, e i ghiacci di ritorno al polo appunto lo attestano. Naturalmente devono essere i più enormi, avendo bisogno di pescare di più.

J. P. Griffin, narra Maury, comandante il brik Rescine nella spedizione americana alla ricerca di Franklin, navigando nella baia di Baffin contro la corrente che lo spingeva verso sud, vide venire nello stesso senso, cioè rimontar la corrente, una montagna di ghiaccio, trascinata con tal forza verso nord, che il bastimento rimase in breve lungo tratto addietro. Riporta lo stesso Maury un altro fatto, che si legge nella narrazione che il capitano baleniere Duman pubblicò del suo viaggio alle artiche regioni. Egli narra che il 14 dicembre 1826 era spettacolo terribile il vedere come immense montagne di ghiaccio correvano verso nord-est attraverso la ghiaccia

così fitta, che non lasciava apparire una goccia d'acqua. Più tardi narra come, il 23 febbraio, una montagna di ghiaccio, scorta fino dalla vigilia avanzarsi da sud, giunse presso al bastimento, che si trovava presso un lembo della ghiaccia. Questa spezzossi, sopra uno spazio di parecchie miglia, con tale fracasso, da imitare un terremoto, ovvero una salva di cento cannoni di grosso calibro. La ghiaccia e il naviglio con essa venivano tratti con mossa furiosa dalla montagna galleggiante, sicchè pareva inevitabile la perdita del bastimento. Ma il 24 febbraio il bastimento era libero, e la montagna di ghiaccio si avanzava, sempre colla stessa rapidità, verso nord-est, finchè fu perduta di vista. Nel sunto della relazione del cap. Mac-Clintock della sua spedizione alla ricerca di Franklin nel 1857 (1), trovo negata recisamente l'idea di Maury relativa a questa corrente inferiore da sud a nord, pel fatto ch'egli non incontrò che ghiacci naviganti verso il sud, dal 75 di latitudine nord al circolo polare artico; come se Maury avesse mai tentato di mettere in dubbio questo stesso fatto da lui così ben precisato, descritto e ragionato. Chi non sa che la gran moltitudine dei ghiacci galleggianti discende, in balia alle correnti superiori, verso l'equatore? Il fatto del cap. Duman è narrato come eccezionale, come altri che accidentalmente hanno posto in luce le correnti inferiori. Per quali ragioni la corrente inferiore riuscisse allora su quella linea a mostarsi prevalente, è difficile a dirsi. Ma perchè negare il fatto? E, se esiste, perchè non accordargli il suo valore? Del resto gli argomenti dell'esistenza di quella corrente inferiore sono ben altri ed irrepugnabili.

L'esistenza di questa corrente inferiore, indubbiamente calda, perchè viene da sud, e perchè sola può dare ragione dell'esistenza di un libero mare, cioè di un mare caldo verso l'82.° di latitudine, non si può spiegare altrimenti se non ammettendo tale la sua densità, che debba discendere sotto la corrente fredda ad onta della sua calda temperatura. Sappiamo d'altronde come la densità dell'acqua si trova aumentare continuamente, partendo dall'equatore verso le latitudini medie, tanto a nord quanto a sud. Secondo Marié Davy il massimo di densità si verifica pel Nord Atlantico verso il 66.° di latitudine. Lo stesso autore calcola l'aumento di 5 chilog. per ogni

(1) Pubblicato da Treves nel volume *In mezzo ai ghiacci* Milano 1880. pag. 2

Digitized by Google

metro cubo d'acqua, che si porti dall'equatore alle latitudini medie. Quando si rifletta che le acque derivanti dal mar glaciale sono piuttosto salmastre che salate s'intenderà facilmente il disquilibrio che deve verificarsi tra le acque che vengono da nord e quelle che derivano da sud, incontrandosi probabilmente verso il 66.° di latitudine. L'acqua che deriva da sud, al suo *maximum* di densità, deve precipitarsi colla violenza d'una cateratta sotto l'acqua che deriva da nord e dar luogo ai fenomeni descritti. La densità in questo caso elide l'effetto della dilatazione prodotta dalla temperatura; il che vuol dire che l'acqua diventa più pesante per la concentrazione dei sali, che non divenga più leggiera pel riscaldamento.

Ho detto che vi sono altre ragioni che dimostrano ad evidenza l'esistenza di una corrente calda, la quale scorrerebbe da sud a nord, come corrente inferiore alla superiore discendente della baja di Baffin, montando però a galla verso le più interne regioni polari, per supplire al vuoto che si produce dalle acque fredde che scorrono continuamente verso l'Atlantico. Queste ragioni si riportano alla climatologia delle terre e dei mari polari, di cui abbiamo già discorso lungamente nel Capitolo *Nevi e ghiacci*. Preghiamo il lettore di ritornare egli medesimo sui molti fatti che attestano la relativa mitezza del clima polare. Tale mitezza si può dire anche assoluta pei mari, le cui acque mantengono, benchè sotto l'enorme crosta dei ghiacci polari, una temperatura che nessuno si aspetterebbe in quei luoghi di perpetuo gelo, e che nessuno potrebbe spiegare altrimenti che ammettendovi l'afflusso delle acque calde, provenienti dalla zona equatoriale. Ricordiamo quel rompersi dei campi di ghiaccio nell'estate polare sopra un mare che mantiene una temperatura sempre superiore allo zero, e va facendosi libero, fino al punto di permettere la navigazione fin quasi in vicinanza del polo; ricordiamo quegli spazî di libero mare che si mantengono sempre in mezzo alla ghiaccia, anche nel massimo rigore dell'inverno polare; ricordiamo sopratutto quel mare aperto, già divinato dalla scienza, poi scoperto da Morton, compagno di Kane nel 1854, e rivisto da Hayes. Quel mare, che aveva per lido la ghiaccia tra l'81° e l'82° di latitudine nord e s'inoltrava a perdita d'occhi verso il polo. Conservava una temperatura di quattro gradi sopra il punto di congelazione. Le regolari maree ne attestavano l'ampiezza; le foche scherzavano nell'onde tepide, e nessuno si ricordava d'aver mai visto altrove un numero così grande d'uccelli acquatici. Quanto alle terre, sappiamo che, durante la state, i lidi si spogliano affatto di nevi fino all'altezza di qualche centinaja di metri, e si coprono di vegetazione abbastanza vivace. Fiori e frutti anzi si colsero sulle rive del citato libero mare.

Venendo ora all'altra grande diramazione dell'oceano Atlantico verso nord, che si insinua tra le coste orientali della Groenlandia e le occidentali dell'Europa e dell'Asia, risulta dai mille particolari delle ripetute spedizioni in quel mare l'esistenza di tutto un sistema di correnti calde ascendenti e di correnti fredde discendenti, le quali, permettendolo la vastità di quella gran manica, si mostrano le une e le altre, per lungo corso, come correnti superiori. É un fatto che sulle coste dell'Arcipelago dello Spitzberg e della Siberia veggonsi arrivare, coi tronchi di fernambuco e di campeggio, piante americane, tronchi di larici, di pini, di abeti, di cedri di Siberia, piante asiatiche. Quì dunque è certo che le acque ascendenti del Gulf-stream s'incontrano e si mescolano colle acque discendenti delle alte regioni circumpolari. Ci sarebbe da perdersi volendo ridurre ad una sintesi tutte le particolarità notate dai navigatori che fecero viaggio sul Nord-Atlantico dall'Islanda fino allo stretto di Behring. Pare che, in via di massima, il sistema delle correnti marine possa essere rappresentato, come lo è nella tavola delle *Correnti oceaniche superficiali*, da due grandi correnti: l'una calda, che si dirama dalla corrente del Golfo e sale verso il polo, tenendosi accosto alle rive occidentali della Scandinavia fin oltre il capo nord. Più in alto però, a nord dello Spitzberg e del Mar di Kara, prevale un sistema di correnti fredde discendenti. L'altra grande corrente è formata dalle acque fredde discendenti. Diffatti discende verso sud, seguendo le coste orientali della Groenlandia, finchè, giunta all'estremità meridionale di questa terra, confluisce colla corrente discendente della baja di Baffin, colla quale continua il viaggio fino all'incrociarsi col *Gulf-stream*, come abbiam detto.

19. Dalla descrizione della circolazione parziale dell'Atlantico settentrionale ci sarebbe facile desumere fondamentalmente quello che deve verificarsi per gli altri grandi bacini in cui si divide l'oceano. Questi grandi bacini sono cinque.

1.° Bacino dell'Atlantico settentrionale già considerato.

2.° Bacino dell'oceano Indiano tra il 20° di

Digitized by Google

latitudine nord e il 40° di latitudine sud, aperto a mezzodì, chiuso a ponente dall' Africa, a settentrione dall'Asia e semichiuso ad oriente dall'arcipelago Indiano e dal continente Australe.

3.° Bacino dell'oceano Pacifico settentrionale, tra l'equatore e il 60° di latitudine nord: si distende tra le due grandi linee costiere dell'Asia orientale e del nord America occidentale. Chiuso a nord, salvo la piccola apertura dello stretto di Behring, si apre a sud sulla linea della sua massima estensione.

4.° Bacino dell'Atlantico meridionale: limitato a nord dall'equatore e stretto sui fianchi tra l'America meridionale e l'Africa, si apre ampiamente a mezzodì.

5.° Bacino dell'oceano Pacifico meridionale: limitato a nord dall' equatore e interamente aperto a mezzodì, si distende ampiamente tra le coste orientali dell'Australia e le occidentali dell'America meridionale.

La circolazione delle acque è ben definita ed abbastanza ben nota pei primi tre bacini oceanici: per gli ultimi due è poco ben definita e piuttosto presuntiva che reale. Lasciato da parte il bacino dell'Atlantico settentrionale, da cui abbiamo cavato, per dir così, il modello o l'unità di misura della circolazione oceanica, vediamo dapprima che cosa avvenga nell'oceano Indiano.

20. L'oceano Indiano, interamente chiuso a nord e ampiamente aperto a sud, è in condizioni ben diverse dell'Atlantico. Il sistema della circolazione, benchè meno noto ne'suoi particolari, vi si afferma però ugualmente. Pare che le acque fredde dell'oceano Antartico, le quali tendono per così ampia foce a riversarsi in quel grande bacino intercontinentale, per rimpiazzare le acque calde, richiamate verso il polo, presentando a queste un valido ostacolo e tendendo a respingerle verso la barriera continentale a nord, siano la causa principale che determina un circolo, di cui i due archi principali, come si vede nella tavola delle *Correnti oceaniche superficiali,* sono rappresentati a nord dalla cosidetta *corrente Equatoriale,* a sud dalla *corrente Australe occidentale.* L'urto contro il continente asiatico a nord determina poi una corrente laterale notissima, conosciuta sotto il nome di *corrente di Mozambico,* la quale urta contro il Madagascar, e si divide in due rami, precisamente come un fiume che incontra uno scoglio. Il ramo occidentale infila il canale di Mozambico, e, cambiato il primo nome con quello di *corrente del capo Agulhas,* si butta verso il capo di Buona Speranza; ma poi, cedendo all'impulso delle correnti fredde, che discendono dal polo antartico verso il Capo, si ripiega da ovest a est, e pare che, riunita all'altro ramo, il quale discende ad est del Madagascar, venga a formare la corrente Australe occidentale, e quindi a descrivere un completo circolo colla corrente equatoriale. Dal circolo descritto si stacca però una corrente, la quale, per la via dell'arcipelago Indiano, va a congiungersi colla gran corrente circolatoria dell'oceano Pacifico, di cui diremo bentosto. Abbiamo qui dunque un circolo oceanico, il quale si compie tra l'Africa orientale e l'Australia; cioè una corrente circolatoria calda, fiancheggiata da due fredde, derivanti dalle regioni antartiche, testimoniando la loro origine, come quella della baja di Baffin, con un corteo di ghiacci galleggianti, in cui i bastimenti che navigano verso l'Australia s'imbattono talora fin sotto il 40° di latitudine sud.

Ho detto che ad est del circolo Indiano si stacca una corrente, in direzione sud-ovest, nord-est, che, insinuandosi tra le coste settentrionali dell'Australia e l' arcipelago Indiano (Sumatra, Giava, Borneo, ecc.), congiunge in un solo sistema di correnti marine l'oceano Indiano e Pacifico, unendosi alla *corrente Equatoriale* che forma parzialmente il circolo di quest'ultimo oceano. Il circolo dell'oceano Pacifico, in forma di ellisse molto schiacciata ed allungata da est ad ovest, è, senza paragone, il più colossale, trascinando nel suo giro tutto quello smisurato oceano a nord dell'equatore. La corrente circolatoria, che lo forma, imita, osserva il Maury, molto da vicino quella dell'Atlantico settentrionale; specialmente se si guarda parzialmente alla corrente che, uscendo dall'oceano Indiano, per la via dell'Arcipelago, e congiuntasi alla corrente equatoriale del Pacifico, che si torce verso nord, rade le coste della China e del Giappone, volgendosi verso nord-est. Essa è nota sotto il nome di *Curo Sivo*, o *corrente Nera.* Questa corrente, nota assai ingegnosamente il Maury, è un fedele ritratto della corrente del golfo, eseguito, aggiungerei, in proporzioni ancora più colossali. Essa si dirige dapprima verso nord, quasi parallelamente al Gulf-stream; quindi, come il Gulf-stream, si ripiega verso est, per correre il Pacifico, insinuandosi tra le Filippine e le coste dell'Asia, movendo poi verso le Aleuzie, sempre parallela al Gulf-stream, di cui imita meravigliosamente le mosse. Il golfo del Bengala rappresenta, in questo caso, il golfo del Messico; lo stretto di Malacca ri-

Digitized by Google

sponde allo stretto della Florida; le coste della China stanno per le coste degli Stati Uniti, e il Giappone per la Terranuova; finalmente, Washington e la Colombia rappresentano le isole e le coste continentali d'Europa, come l'alta California starebbe per la Spagna, di cui possiede il clima, e i piani sabbiosi della bassa California per l'Africa occidentale. Le Aleuzie e l'Aljasca stanno benissimo per la Groenlandia, in rapporto collo stretto di Behring, che ricopia la baja di Baffin. Qui tuttavia il confronto rileva, secondo Maury, una grande differenza. Lo stretto di Behring è così angusto e poco profondo, che non può dar luogo ad una corrente artica sensibile; d'altronde l'Aljasca è unita al continente americano ad est, mentre la Groenlandia è separata dall'Europa per un enorme braccio dell'Oceano. La corrente Indo-pacifica è dunque costretta a ripiegarsi tutta contro le coste occidentali dell'America, e a ritornare immediatamente, come corrente fredda, verso l'equatore, larga di frescure alla California, paese assai più temperato dell'Africa sotto le stesse latitudini. Le carte mostrano poi che la corrente ripiegata corre parallela all'equatore, da est a ovest, come la corrente equatoriale dell'Atlantico; per cui anche il Nord-Pacifico vanta il suo circolo perfetto come il Nord-Atlantico, e lo afferma con un mare di sargassi, che corrisponde precisamente, sotto tutti i rapporti, al celebre *Sargasso* dell'Atlantico; occupando il centro della corrente girante: di che discorreremo più innanzi.

Abbiamo già osservato che la continuità delle coste, entro cui si aggira tra l'Asia e l'America settentrionale la corrente circolatoria del Pacifico, non è rotta altrimenti che dallo stretto di Behring. Esso è così angusto e poco profondo, che la quantità d'acqua che ne potesse sfuggire, o vi potesse entrare, non può guari recare un turbamento sensibile alla circolazione del vastissimo tra gli oceani. Trovo indicarsi sulle carte un movimento di acque dallo stretto verso il Pacifico: ma quello che mi consta dalle ripetute osservazioni eseguite durante le spedizioni attraverso lo stretto, è invece un movimento deciso delle acque dall'oceano Pacifico verso l'oceano Artico. Esso è pure indicato sulle due tavole delle correnti marine che illustrano questo capitolo. La corrente che scorre dal Pacifico all' oceano Artico si tiene principalmente verso le coste dell'America, ed, essendo naturalmente calda, vi mantiene un clima relativamente più mite. Tutti i navigatori che hanno passato lo stretto sono d'accordo nel dirci d'aver trovato il mare più libero dai ghiacci, e le coste più spoglie di nevi dalla parte dell' America che da quella dell' Asia. Abbiamo poi dei fatti accertati, di oggetti galleggianti, quali sarebbero rami e tronchi d'alberi, provenienti dal Pacifico e raccolti nella baja di Baffin. Questo vorrebbe dire che c'è un deciso afflusso delle acque del Pacifico all'Atlantico, per la via dello stretto di Behring e dell'arcipelago Americano Artico. Non è tuttavia per nulla improbabile che si verifichi uno scambio di acque ascendenti e discendenti per lo stretto di Behring, come vedremo operarsi per altri stretti, quando parleremo delle correnti di relazione tra i mari comunicanti.

Riguardo agli ultimi due circoli oceanici, cioè dell'Atlantico meridionale e del Pacifico meridionale, non aggiungeremo parola a quanto ne abbiam detto più sopra nell'enumerarli. Trattandosi di due mari quasi assolutamente liberi, non limitati che da breve tratto di coste lontane, la circolazione non può essere così ben decisa, come per gli oceani quasi intieramente rinchiusi tra i continenti. Le notizie del resto sono piuttosto scarse ed incerte. Diremo piuttosto qualche cosa di quello che ci consta riguardo all'oceano Antartico, che tutto libero si distende dalle punte meridionali dei tre continenti (America, Africa, Australia) fino alla grande muraglia di ghiaccio che segna i confini del continente polare antartico, di cui crediamo aver dimostrato l'esistenza nel capitolo *Nevi e ghiacci.*

I navigatori che si spinsero fino all'accennata muraglia di ghiaccio accennano ad un movimento generale del mare da sud verso l'equatore. Quando nessuno ne avesse parlato, quell'enorme esercito di montagne di ghiaccio che, partendo dal continente antartico, come da centro, si allarga tutto all'ingiro circolarmente verso sud, e arriva in molti punti ancora abbastanza fitto fin presso il 40° di latitudine meridionale, è una prova indiscutibile di questo movimento generale dell' oceano Antartico verso l'equatore: movimento che sta in perfetto accordo colla teorica da noi esposta dello scambio delle acque tra l'equatore e i due poli. I citati navigatori hanno pure notato che questa universale corrente dell'oceano Antartico si accentua più o meno su certe linee, quasi fosse composta d'un certo numero di correnti parziali radianti dal polo. Anche questo fatto è dimostrato dai ghiacci

Digitized by Google

galleggianti che si mostrano sovente allineati o quasi in file radianti da sud a nord. Quello che tutti hanno rimarcato intanto è questo, che l'oceano Antartico, fluendo verso l'equatore, nell' atto che s' approssima alle punte continentali, si divide, com'è ben naturale, in un certo numero di correnti, molto ben accentuate in prossimità delle coste, andando poi a fondersi, come fanno le correnti fredde dell' altantico settentrionale, coi circoli dei rispettivi oceani. Infine succede qui universalmente delle correnti discendenti dell'oceano Antartico quello che succede della corrente discendente della baja di Baffin, per rapporto alla circolazione dell'Atlantico settentrionale. La tavola delle *Correnti oceaniche superficiali* indica parzialmente una corrente fredda che rade le coste occidentali dell' Australia e si perde nell' arcipelago Indiano; una seconda corrente, che va a urtare contro la corrente ascendente di Mozambico, per dividersi a certa distanza dall'Africa, tra il circolo dell'oceano Indiano, e il circolo dell'Atlantico meridionale; finalmente una corrente fredda discendente, che investe l'America meridionale. Quest' ultima sembra la più decisa ed è inoltre conosciutissima. Sotto il nome di corrente del capo Horn, investe il capo stesso e la terra del Fuoco, quindi, piegandosi verso occidente, bagna colle sue fredde acque le isole Ciloe e il Chilì, e continua, stretta alle coste americane, sotto il nome di *corrente di Humboldt*, o *del Perù*, finchè ad una certa distanza dall'equatore, si ripiega parallelamente all'equatore stesso e va a perdersi tra il circolo del Pacifico settentrionale e quello del Pacifico meridionale. A questa corrente si oppone evidentemente, sulle rive opposte dell'America meridionale, la corrente calda ascendente che si dirama dall'equatore, radendo le coste del Brasile, dell' Argentina e della Patagonia orientale.

Sarebbero del resto infiniti i dettagli da potersi raccogliere dagli autori che trattarono delle correnti marine, rimanendo però sempre tutto un complesso indefinibile e indefinitamente mutabile, che si ribella, e si ribellerà chi sa fino a quando, al giogo di un' analisi appena esigente. Crediamo però di aver chiariti al lettore i tratti fondamentali di questo grande sistema di circolazione marina, quale si manifesta in ciascuno di quei grandi spazî in cui è diviso l'oceano; e questo ci deve bastare. La sintesi di quanto abbiamo esposto può essere data a colpo d' occhio dalle due tavole, poste ad illustrazione di questo capitolo (1). La *prima*, che porta il titolo di *corrente dell' Atlantico settentrionale*, presenta, in via approssimativa schematica, il sistema della corrente circolatoria dell'Atlantico settentrionale col *Gulf-stream* che ne fa parte, e le sue diramazioni ascendenti e discendenti. La *seconda*, quella delle *Correnti superficiali superiori*, mette sotto gli occhi al lettore, in via ugualmente approssimativa schematica, tutto il sistema delle correnti oceaniche nei due emisferi, tra il 70° di latitudine sud e l'80° di latitudine nord. I tratti in nero disegnano, nell'una e nell'altra, le correnti calde ascendenti o circolatorie; quelli in ceruleo, le correnti fredde discendenti. Come appendice e complemento di quanto abbiamo esposto sulle correnti circolatorie, serve il seguente paragrafo sul *mar de' Sargassi*.

VI. Il mare dei Sargassi.

21. Il *mare dei Sargassi*, uno dei tratti più grandiosi dell'idrografia oceanica, è un fenomeno che si lega naturalmente alla circolazione dell'oceano Atlantico settentrionale, di cui è l'effetto e, al tempo stesso, il più irrefragabile argomento. Quando Cristoforo Colombo, volte arditamente le poppe delle sue navi al vecchio mondo, oltrepassate le Canarie, navigava per acque intentate verso occidente, osservò meravigliato, ad un certo punto, il mare ricoprirsi di alghe. Esse si facevano ben presto così fitte e rigogliose, che l'oceano sembrava trasformarsi in una prateria senza confini; quasi una di quelle steppe, emule, per la vastità, dell'oceano, che nelle regioni più nordiche coprono tanta parte dell' Europa e dell' Asia, non avendo per l' occhio altro confine che il cielo. Non è a dire come ne rimanessero atterriti gl'inesperti seguaci dell'imperterrito eroe; e chi ci vedeva i confini misteriosi del mondo; chi s' immaginava là sotto celati perigliosi scogli; chi vi sognava una terra di fresco sommersa nelle onde voraci dell' oceano. Un banco d'alghe soffice come velluto, ondeggiante come un drappo di seta al soffio d'ogni venticello, stava per rimandare chissà a quale epoca lontana la scoperta di un nuovo mondo. Colombo s'ingegnava a vedervi gl' indizî di terra vicina e cercava di persuaderne i compagni. Ma quanto mare lo separava ancora dai lidi profetizzati! Fu buona ventura per lui e pel mondo che un forte vento sorgesse, sicchè, col dileguarsi lontano di quel mare

(1) **Tavole XXI e XXII.**

Digitized by Google

di erbe, si dileguassero i timori che esso avea ispirato (1). Così Colombo, dalle calme uggiose del Cancro, passato nel campo sereno degli alizei N. E., approdò a gonfie vele alla celebre isola di S. Salvatore, una delle piccole Antille.

Di quel mare di alghe, che furono poi chiamate sargassi, troviamo fatta menzione anche in una lettera di Colombo scritta da Haiti nel 1498, e citata dall'Humboldt (2). Narra in essa che, navigando verso l'occidente a cento miglia marine ad ovest delle Azorre, oltre quel punto dove rimarcava pel primo la declinazione dell'ago calamitato, trovò il mare coperto d'una gran quantità d'erbe marine, simili a piccoli rami di pino, carichi di pistacchi. Dice che ne era tale la copia, che sembrava dover mancar l'acqua ai vascelli, sicchè fosser lì lì per dare delle secche. Nessuna traccia di quelle erbe aveva scorta, prima di toccare quel punto.

Quel mare di *sargassi* fu poi riveduto da quanti passarono di là dopo Colombo; come è certo di rivederlo chiunque si facesse a ribattere la stessa via. Per tutti fu sempre una meraviglia, per non dire un mistero, quella landa erbosa, che ha per suolo il piano ondoso del mare.

I sargassi sono piante ormai ben note ai botanici, e se ne trovano in tutti i mari, o sparsi immobilmente alla superficie, o galleggianti in ciocche, in balìa delle correnti marine. Formano anche in altri luoghi dei banchi piccoli o grandi, ma senza confronto il massimo è sempre quello che fu visto da Colombo nell'oceano Atlantico. Il Civico Museo di Milano ne possiede un bel saggio, raccolto dal Console italiano Cristoforo Robecchi, a bordo del vapore *Tasmanien* della Linea inglese delle Indie occidentali, il 2 settembre del 1865, a 27.° di latitudine nord, e a 52.° 30 di longitudine ovest del meridiano di Greenwich. Dice la scritta sulla bottiglia, dove si conservava quel saggio, che una parte di quelle piante era di un color verde-gialliccio fresco, e un'altra parte bruna, tendente al color *Terra di Siena* bruciato. Conservato nell'alcool, quel saggio ha perduto naturalmente la sua freschezza, prendendo un color verde nerastro; disseccato, diventa d'un nero color di torba. I ramicelli sono tutti, come li vide Colombo, sparsi di pistacchi, ossia di bacche sferiche, grosse la metà di un pisello. Ma quei pistacchi o bacche non son altro veramente che cellule ripiene d'aria, costituenti, nel loro complesso, un poderoso scafandro, ossia un sistema infinito di piccoli galleggianti, per cui si vede come quelle alghe possono tenersi in sospensione e galleggiare così da formare pianure e boscaglie natanti. Noto inoltre che tutti gli esemplari, così le foglie seghettate come i gambi filamentosi, sono tempestati e quasi incrostati di piccolissimi vermi tubicoli, cioè a tubo calcareo, del genere *Spirorbis* o di un genere affine. Quegli animaletti sono appena visibili ad occhio nudo, come chiazzette bianco-sporche di fango o di malta. Nel corso di questo scritto, seguendo il costume invalso, adopereremo la parola *sargasso*, in singolare o in plurale, per indicare tanto quella specie d'alga, quanto il banco o i banchi da essa formati. Dicendo: *sargasso dell'Atlantico*, intendiamo però non la specie, ma quel gran banco persistente, che fu visto la prima volta da Cristoforo Colombo.

A forza di passargli vicino, si potè fissarne con qualche approssimazione la figura e l'estensione. Nelle carte del Maury il suo perimetro descrive ad un dipresso un triangolo rettangolo colla linea dell'ipotenusa parallela all'equatore, un cateto di 50 e l'altro di 15 gradi geografici di lunghezza. Così quel banco coprirebbe una superficie d'oltre un milione di miglia quadrate. Probabilmente il Maury, partendo dai dati raccolti dai libri dei piloti, ha compreso nella misura del mar dei sargassi anche gli spazi dove quelle alghe si trovano in piccol numero, od anche solo in ciocche sparpagliate dai venti. Il Duchartre invece (1) così si esprime a proposito dei Sargassi. « Il fatto più curioso cui danno luogo le alghe è quello della presenza sopra una grande estensione dell'oceano Atlantico di piante innumerevoli d'una sola specie, che è il *Sargassum vulgare* Ag., pianta munita d'ampolle o vescichette ripiene d'aria, che le servono di scafandro per tenersi a gala. Questa specie di prateria natante si distende tra il 22.° e i 36.° di latitudine nord, e tra il 23.° e 43.° di longitudine ovest, sopra uno spazio di circa 40000 miglia quadrate. » Tali contraddizioni tra i fisici che hanno parlato del mar dei Sargassi si spiegano facilmente, per la diversità dei punti di partenza presi da ciascuno, e meglio ancora pel fatto che i sargassi, essendo legati, come vedremo, al sistema delle cor-

(1) ROBERTSON. *Storia d'America*, Vol. I.
(2) *Cosmos*. Vol. II. pag. 240 (Edizione milanese del Turati).

(1) *Elements de botanique*, Paris, 1867.

Digitized by Google

renti marine dell'Atlantico, oscillano con esso, portandosi annualmente, con moto alterno, da nord a sud e da sud a nord, secondo le stagioni, seguendo il moto alterno del sole verso i due tropici. Abbiamo poi già notato che le tempeste scompongono il banco e ne strappano ciocche piccole o grandi, che veggonsi poi galleggiare lontano dall'onda nativa. Ma il gran Sargasso è sempre là, sempre immane, sempre sospeso e stagnante, come una gran zattera ancorata coperta di erbe.

Al postutto però chi può vantarsi finora di aver studiato un po' a fondo quello strano fenomeno? Ne c'è da meravigliarsi se tanto scarse finora sono state le notizie raccolte, quando si pensa che il mar dei Sargassi si distende precisamente tra le due vie, o piuttosto tra i due sistemi di vie principali, per cui si mantengono quasi invariabilmente le comunicazioni tra l'Europa cogli Stati Uniti da una parte, a nord del mar dei Sargassi, dall'altra, a Sud del medesimo, col Brasile, la repubblica Argentina e l'oceano Pacifico. In quelle due direzioni avviene sovente che le navi s'imbattano nelle porzioni perimetriche del sargasso; ma non so se alcuna giammai l'abbia attraversato o percorso.

Quanto all'origine, cioè quanto alle ragioni dell'esistenza di quel banco di alghe, non conosco autore che abbia inteso di spiegarlo altro che il Maury, o colle idee del Maury. Io credo che questo principe della geografia fisica moderna abbia avuto in questo caso una di quelle intuizioni, per cui avviene sovente al genio di precorrere i risultati della scienza analitica e di vedere il fatto, prima ancora d'indovinarne la legge. Il Maury adunque, parlando della circolazione delle acque nell'oceano Atlantico, dove tutta si risolve in una gran corrente circolare o circolante, di cui la cosidetta *corrente del Golfo* e la *corrente equatoriale* sono due tronchi principali, cita, come prova del fatto, l'esistenza del famoso sargasso. Che cos'è il sargasso per lui? Non altro che il *rendez-vous général* di tutti i galleggianti (tronchi, sterpi, bruciglie) d'ogni genere, che navigano sparsi sulle acque dell'Atlantico (1). Osserva a proposito, come prova esperimentale, che, formandosi una corrente circolatoria, i galleggianti si riducono al centro della corrente stessa. Il sargasso, che occupa difatti tutta la porzione centrale della corrente circolare atlantica, non sarebbe dunque che una vasta accozzaglia di

(1) MAURY. *Geographie de la mer*, pag. 452.

galleggianti in quell'occeano a nord dell'equatore. Ben inteso, benchè il Maury nol dica espressamente, che le alghe, viventi d'una vita rigogliosa su quel liquido campo, non rappresenterebbero già esse quell'assemblea di morti, ma ne sarebbero l'effetto.

Quanto a me, l'idea del gran fisico m'era parsa accettabile senz'altro. Avevo visto infatti come i piccoli vortici, che si formano sulla superficie dei fiumi, attraggono al centro e ingoiano le pagliuzze e i piccoli corpi galleggianti di qualunque genere. Avevo osservato (non si badi alla piccolezza ed alla volgarità dell'esperienze) come la farina, con cui si suole lavarsi le mani, una volta che l'acqua sia cheta, si vede tutta invariabilmente raccolta sul fondo, al centro del catino. Aveva anche osservato come nelle macchine a filtro d'uso comune per fabbricare il caffè, dopo che si è dimenato in senso circolare il liquido bollente nella camera superiore, tolto il fuoco, mentre l'acqua è inspirata nella inferiore, la posatura si raccoglie tutta verso il centro dello staccino, formandovi un cono talora acutissimo, d'una regolarità sorprendente. Ammisi dunque senz'altro il pensiero di Maury sulla formazione del sargasso atlantico, accettandolo e riportandolo come prova dell'esistenza e della forma circolatoria di una grande corrente, in cui si unificano tutte le correnti già da lungo tempo constatate nell'oceano Atlantico a nord dell'equatore (1).

Ma poi, ripensando, cominciai a domandare a me stesso: — Il mar dei Sargassi, incontrato da Colombo e descritto da quanti lo videro poi, è una grande prateria di alghe viventi. Chi ne parlò mai come d'un'assemblea di tronchi o di sterpi galleggianti? Chi mai almeno ha fatto menzione della presenza di codesti vegetali morti, in quell'adunanza di vivi? — A questo argomento negativo contro l'idea del Maury mi si aggiungeva tosto nella mente un argomento positivo. Mi domandavo dunque di nuovo: — Non si sa forse dove si formano realmente codesti accozzamenti, codeste caotiche assemblee di galleggianti, specie di tronchi trasportati dalle correnti marine? — In molti luoghi essi si formano di certo, nominatamente nell'Atlantico; ma questi luoghi si trovano ben lontani dal centro della grande corrente, anzi al di fuori della sua periferia, come per esempio, sui litorali della Groenlandia, dello Spitzberg, dell'isola Jan-Mayen, ecc. La disillusione fu

(1) *Corso di geologia* Vol. I. pag. 286 *Acqua ed Aria*, II. Edizione, Conf. V.

Digitized by Google

poi al colmo quando, espressamente esperimentando, osservai che i corpi galleggianti sulla superficie dell'acqua, a cui s'imprima un moto circolatorio entro un bacino, qualunque invece di venir attratti verso il centro, venivano respinti, quasi invariabilmente, tutti alla periferia.

Ho sentito pertanto il dovere di sottoporre a nuovo esame l'idea del Maury sull'origine del sargasso atlantico, e degli altri, da lui stesso citati, che si trovano in altri mari. Questo scritto è appunto destinato a presentarne ai lettori il risultato.

I fatti ci sono noti. Sappiamo infatti che tutto l'Atlantico settentrionale è, per dir così trascinato in un vortice, che noi chiameremo *corrente Atlantica*. Così l'oceano Atlantico può figurarsi come un corpo discoidale di acqua, che gira sul proprio centro, sicchè avremo il suo moto, sensibile al massimo sulla superficie, dove ha talvolta una velocità che gli dà la figura d'un gran fiume, si rallenta sempre più verso il centro, dove si riduce a zero; sicchè nella porzione centrale, sopra vasta estensione, l'acqua rimane quasi immobile, figurando un immenso stagno.

Ora in quale rapporto si trova il grande *Sargasso* con questa corrente? — E presto detto: esso ne occupa la parte centrale. Il fatto stesso di questa costante ubicazione ci dice però che tra il Sargasso e la corrente non ci può essere semplicemente un rapporto topografico accidentale, come sarebbe quello di un'isola in questo piuttosto che in quel punto del mare, ma che il rapporto topografico deve dipendere da un rapporto, se non precisamente di causa od effetto, tale certamente da interessare sostanzialmente e fondamentalmente il fenomeno di cui cerchiamo la spiegazione. — Se quelle alghe ci stanno, e ci prosperano meglio quì che altrove da secoli, è segno che ci stanno bene: è segno, cioè, che hanno trovato nella regione centrale della corrente circolatoria le condizioni più favorevoli alla loro esistenza ed al loro sviluppo. E se tali condizioni si verificano, è troppo probabile che la corrente stessa le crei.

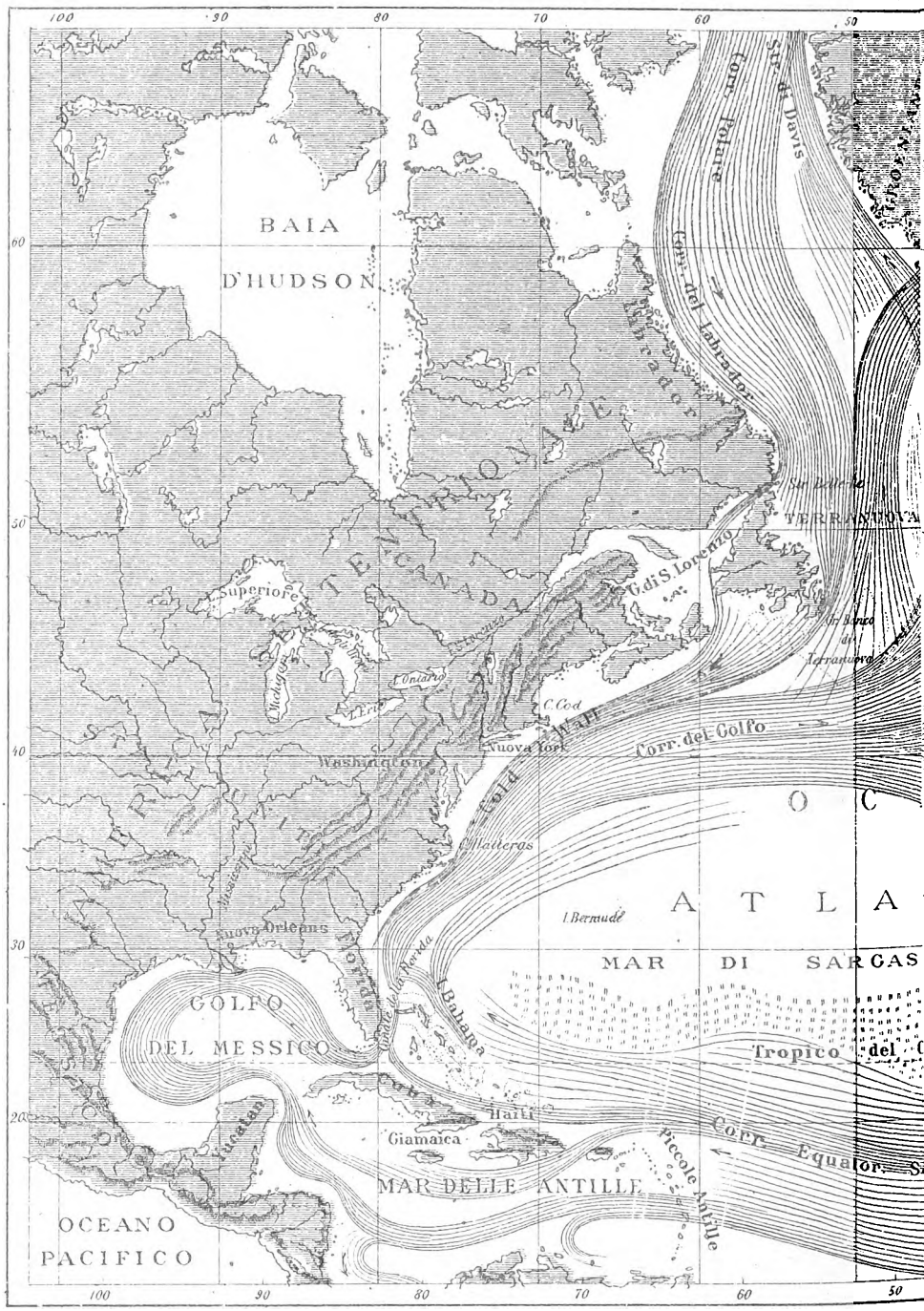
Aspettando di cercare più tardi le ragioni per cui la corrente circolatoria dell'Atlantico torna così fenomenalmente propizia allo sviluppo dei sargassi, rispondiamo al secondo quesito che ci siamo proposti che è questo: *Donde vengono e dove vanno di fatto i molti tronchi che galleggiano per l'oceano Atlantico?* — Questa ricerca implica quella dei rapporti che esistono tra il legname galleggiante e la corrente Atlantica.

I galleggianti sull'oceano sono, prescindendo dalle alghe marine, vegetali terrestri. Una vera importanza l'hanno soltanto i tronchi delle piante boschive, che navigano a cento a cento sul mare. Essi vengono naturalmente dalle foreste che ricoprono le terre in giro all'oceano; e sono i fiumi che le strappano, le trascinano alla rispettiva foce e quì le abbandonano alle onde del mare. Un'immensa regione boscosa è quella che forma le sponde occidentali dell'Atlantico tra l'equatore e il 60° di latitudine. Sono descritti specialmente dal Lyell gli spaventosi effetti delle piene straripanti in quelle regioni coperte di vergini foreste, solcate da mille confluenti che versano le acque in quei fiumi di mostruosa potenza, quali sono il rio delle Amazzoni e l'Orenoco, nella regione equatoriale, quindi il Mississipì nella regione temperata, e il S. Lorenzo, l'Albany ed altri grossi fiumi nelle fredde regioni. Il Mississipì pare dev'essere il principale tributario di legname galleggiante all'oceano Atlantico. Esso raccoglie le acque che piovono entro un bacino di tre milioni di chilometri quadrati, il che vuol dire che ha 30 volte l'estensione del bacino idrografico del Po. Vanta ben otto confluenti che sono otto dei più grandi fiumi d'Europa. Il fiume Rosso, per esempio, a cui la relativa importanza assegna il quinto posto tra i confluenti del Mississipì, è quasi quattro volte il Po. Tutti quei confluenti sbucano da altrettanti *cannoni*, cioè da altrettante gole, come la Via Mala, ma incise a picco nel cuore delle Ande fino a due mila metri di profondità verticale, e sopra una lunghezza fin di 300 miglia. Il Missuri, per esempio, che, unendosi all'Ohio, è piuttosto il generatore che un confluente del Mississipì, ha le sue principali sorgenti aggruppate in giro all'Union-Peak, un colosso di monte, che si alza a 14000 piedi sul livello del mare. I suoi affluenti non possono giungere ad esso che attraverso un labirinto di gole e di baratri lunghi e profondi. Il fiume stesso sbocca da una gola spaventosa, quasi da una voragine indescrivibilmente orrida, stretto fra due verticali pareti che si levano fino a 1200 piedi di altezza sul pelo della corrente. « Nulla » di più tremendo (scrivevano gli esploratori » Lervis e Clarke) può immaginarsi, che ri- » tragga l'orrida oscurità di quelle rupi, che » strapiombano sul fiume minacciandovi la » distruzione. Il fiume, largo 1050 piedi, si

Digitized by Google

Digitized by Google

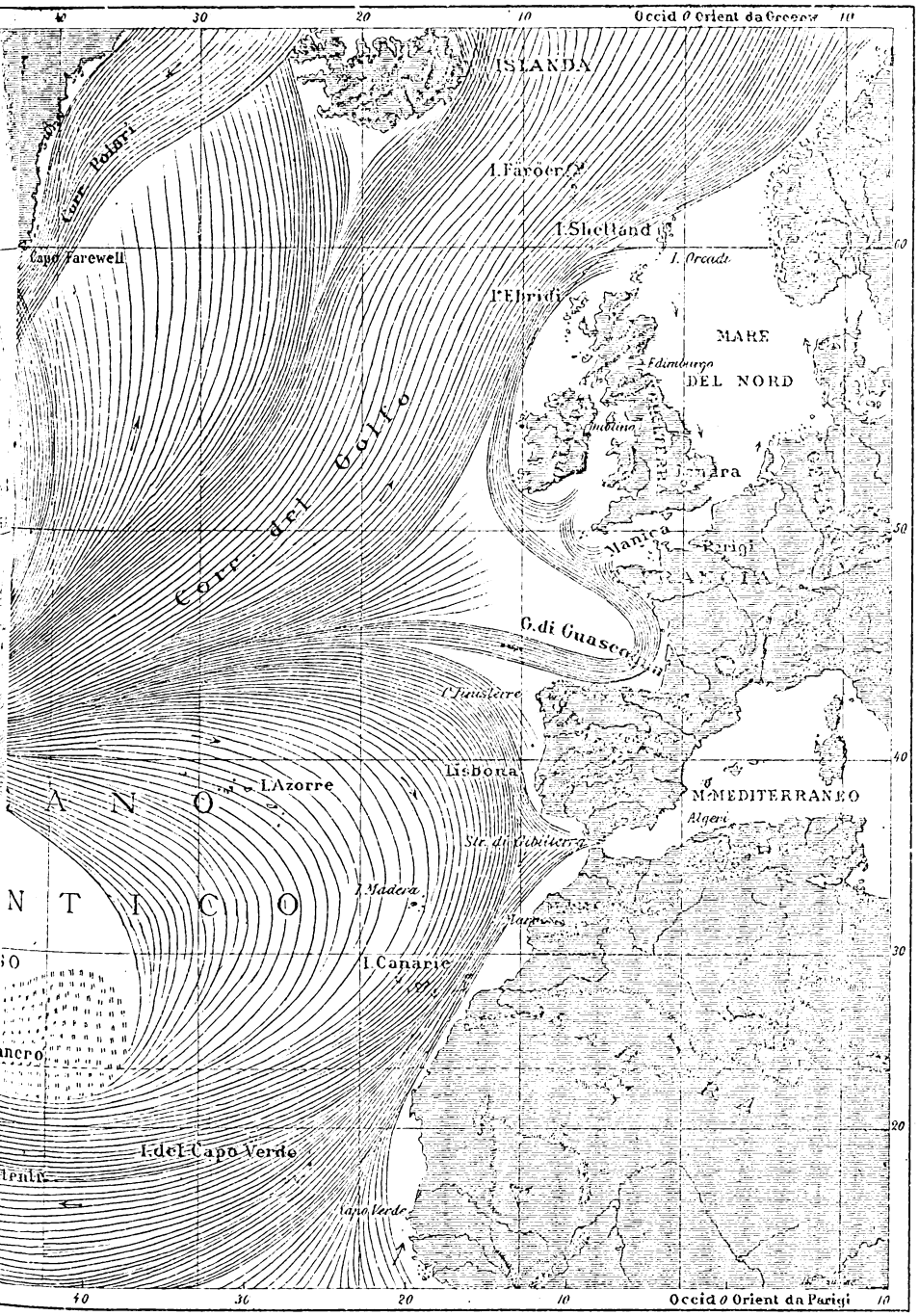
CORRENTI DELL'ATLANT



Lit. P. Porati

Casa Edit. Dot. F

Digitized by Google



Francesco Vallardi

G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

» direbbe che si è aperto per forza la via
» nel vivo della montagna. Per tutta la lun-
» ghezza del burrone l'acqua si mantiene
» molto profonda. Anche rasentando le rive,
» non vi è sito ove un uomo possa stare al-
» l'asciutto fra il fiume e le pareti a piombo;
» al suo sbocco poi vedonsi enormi colonne,
» strappate all'interno della montagna, e
» stese a giacere sulle sponde del fiume (1). »

Fiumi di tale potenza, che si trovino d'un tratto lanciati sopra un'immensa regione boscosa, non possono che produrvi nelle piene straripanti, spaventose devastazioni. Ne fanno fede del resto i tronchi galleggianti che s'incontrano dovunque sulla corrente, per cui le navi nel rimontarla sono obbligate a tenersi armate di travi sporgenti, per non esserne immediatamente investite. Avviene sovente che molti di quei tronchi si congiungano e si allaccino a cento a cento fra essi; e da quell'intreccio nascono le famose zattere, quasi isole galleggianti, che, sbarrando i confluenti o creando intoppi al fiume, sono causa di salti, di rotte, di straripamenti con immensa rovina delle terre e dei boschi. Per averne un'idea, basta ricordare che una di quelle zattere, che attraversava il fiume Rosso nel 1854, era lunga 13 miglia e andava crescendo due miglia all'anno, talchè il governo degli Stati-Uniti trovossi impegnato in serie operazioni per sbarazzarne il fiume e porre un termine alle disastrose devastazioni. Delle stesse scene e degli stessi disastri sono continuo teatro tutti i fiumi americani che versano nell' Atlantico, anche nelle regioni più nordiche dove le foreste, cambiando carattere, non cessano di allargarsi sopra immense estensioni.

Una parte di quel legname si arresta naturalmente nei laghi, che si contano così numerosi e vasti nell'America del nord; un'altra parte viene a dar fondo in mare presso le foci. Si hanno descrizioni e calcoli meravigliosi delle immani cataste di legna accumulate da secoli alla foce del Mississipì. Molti però di quei tronchi giungono al mare ancora in grado di poter galleggiare, e sono questi che, in balia delle correnti marine, possono compire lunghi viaggi di mare attraversando, se occorre, tutto lo sconfinato oceano. Dove approderanno essi?

Non fa bisogno di rincorrerli per sapere quali siano le vie da essi più ordinariamente percorse. Per sapere quali siano le vie di mare più frequentate dalle navi, basta visitare i porti. Anche i tronchi che navigano in balìa delle correnti hanno i loro porti d'arrivo, e sa ciascuno trovare il suo approdo.

22. Spettacolo imponente è quello che si rinnova ogni anno, quando si osserva una fuga interminabile di tronchi che vengono a frangere sulle coste della Groenlandia, dell'Islanda, dello Spitzberg e della Siberia. Gratutz, lo storico della Groenlandia, lasciò scritto che la massa di legname ammassata in mare intorno all'isola Jan Mayen uguaglia sovente in volume ed estensione l'isola stessa. Si distinguono tra l'incomposta congerie i tronchi di fernambuco, di campeggio, e di mogano, che nella loro stessa natura mostrano autentica la fede di nascita e di nazionalità americana, e al tempo stesso l'itinerario della loro peregrinazione. È troppo evidente che è la corrente del Golfo quella che si è incaricata del loro trasporto dai lidi selvosi dell'America fino alle spiaggie inospite delle terre circumpolari. È troppo evidente, ripeto, trattandosi appunto di una corrente che, partendo dall'equatore, percorsi il mar Caraibico e il golfo del Messico e uscita per lo stretto della Florida, rasenta le coste americane fino al banco di Terranova, e di là si spinge con sicura traccia verso l'Europa, immensamente allargandosi nell'oceano Atlantico così da occupare tutta l'estensione tra l'Islanda e la Spagna. La corrente del Golfo è quindi disposta in guisa da ricevere sulla sinistra tutto il legname trascinato al mare da tutti i grandi fiumi dell'America, cominciando dal Rio delle Amazzoni, poi venendo al Mississipì che si scarica nel golfo del Messico, quindi ai fiumi del Nord America che versano le loro acque nell'Atlantico, o direttamente, o pel tramite della baja di Hudson, della baja di Baffin e degli altri canali dell' arcipelago Americano Artico. Ecco quali sono, adoperando l'espressione di Maury, i veri *rendez-vous* dei galleggianti dell' oceano Atlantico, e qual'è la via che seguono realmente quelli che cadono in balìa della corrente circolante, la quale con immenso arco si spiega parallelamente alle coste orientali del nuovo continente, dall'equatore fino al banco di Terranova, e quindi attraverso il Nord Atlantico, tra il banco di Terranova e le coste orientali d'Europa.

Qui il Gulf-stream agisce di conformità a tutte le correnti del mondo, le quali tendono a ributtare sui fianchi i rispettivi galleggianti,

(1) Vedi l'opera sulla sistemazione del Mississipi pubblicata dal Corpo degli ingegneri del genio militare degli Stati Uniti o il sunto pubblicatone dal Messedaglia nel vol. VIII degli *Atti dell'Istituto Veneto*.

Digitized by Google

appena sulle loro sponde si trovino acque più chete, seni laterali o ristagni. C' è tuttavia qualche cosa di molto particolare e di molto osservabile per la nostra tesi, riguardo alle correnti circolatorie o circolanti. L'esperienza supplirà nel caso al difetto, pur troppo lamentabile, delle osservazioni.

Prendiamo un bacino di qualunque forma; meglio rotondo, perchè l'esperienza riesca più facile. Riempitolo d'acqua fino ad una certa altezza, imprimiamo ad essa, mediante una paletta, un movimento rotatorio. Ecco a nostra disposizione una corrente circolatoria. Gettiamoci ora, alla rinfusa se si vuole, dei fuscellini o dei pezzetti di legno leggero, come sarebbero moncherini di giunchi o stecchini di fiammiferi. Se li lasceremo cadere a preferenza in vicinanza del perimetro della nostra piccola corrente circolatoria, faciliteremo l'esperienza e ci accorderemo anche meglio colla natura, mentre il Gulf-stream, come tutte le correnti marine dello stesso genere, non può ricevere legname da terra che sul perimetro esterno, col quale lambe a distanza maggiore o minore le coste. Posso assicurare in ogni caso il lettore che quei piccoli galleggianti si vedranno tutti in breve tempo, sia pure con giri e rigiri, avviarsi verso il perimetro della corrente circolatoria, quindi approdare alla sponda che le fa il bacino. Non importa se alcuno dei fuscellini si ostina, come mi è accaduto talvolta nelle diverse esperienze, a rimanere in qualche posto più verso il centro. Ciò non mi avvenne che di rado, mentre l'arrivo di tutti i fuscellini alla sponda si può dire fenomeno invariabile.

Questa esperienza, mentre si accorda così bene con ciò che avviene in natura, e precisamente con quello che abbiam veduto adoperarsi dalla corrente del Golfo, contraddice recisamente all'idea del Maury, o almeno ai termini con cui quell'idea fu espressa dall'illustre metereologista. Adagio però a sentenziare, quando si tratti di grandi osservatori e di grandi pensatori, i quali possono benissimo aver afferrata un' idea giusta, e non aver saputo esprimerla in termini convenienti. Abbiamo noi forse tenuto dietro a tutto il legname che s'imbarca alla foce di un fiume per un viaggio di mare? Quello che si tiene a galla non è tutto il legname, e forse nemmeno la maggior parte. E se una parte del legname si sommerge, quale potrà essere la sua fine? . . .

Abbiamo già visto come una quantità del legname strappato alle foreste dalle piene straripanti d'un fiume si sommerga prima d'arrivare alla foce, e come alla foce stessa si formino le grandi cataste di legname sommerso. C'è da aspettarsi naturalmente che un'altra grossa porzione s'affoghi per via, mentre è trascinato dalle correnti marine. C'insegna infatti l'esperienza come facilmente il legno si sommerga, solo col rimanere un certo tempo immerso nell'acqua. La ragione del sommergersi sta in ciò che il legno, materia sommamente porosa, imbevendosi d'acqua per le leggi di capillarità, aumenta considerevolmente di peso. Un legno leggiero impiegherà a sommergersi più lungo tempo di quello che impieghi un legno pesante. Bastano però da quattro a cinque giorni d'immersione, secondo l'esperienze da me eseguite, perchè anche gli stecchini di pecchia non possano più reggersi a galla. I grossi tronchi impiegheranno naturalmente un tempo assai più lungo, specialmente quando siano secchi. In ogni caso è chiaro che la sommersione dei tronchi naviganti sul mare sarà sempre graduale e relativamente lentissima, e, prima di toccare il fondo, dovranno tenersi in sospensione per un tempo più o meno lungo. In questo stato di sospensione o di lenta discesa, saranno naturalmente in grado di subire tutta l'azione di quei movimenti del liquido che avessero luogo per avventura tra la superficie e il fondo. Sappiamo già benissimo esistere correnti sottomarine in gran numero; ma come agiscano sui corpi in sospensione è più facile immaginarlo che saperlo di fatto, mentre non saprei dove andare a pescare osservazioni od esperienze in proposito. Tanto meno poi credo reperibili negli scritti fin qui pubblicati dagli idraulici osservazioni od esperienze sul modo di comportarsi e d'agire delle correnti circolatorie inferiormente alla superficie. Alla difficoltà, come al difetto, di osservazioni dirette sull' azione delle correnti marine nelle profondità dell'oceano, supplisca l'esperienza.

Ripigliamo il nostro bacino rotondo ed imprimiamo di nuovo all'acqua un moto circolatorio, dimenandolo giro giro colla paletta, ritirandola poi tosto e abbandonando poi la corrente a sè stessa, appena vedremo l'acqua tutta in movimento, dalla superficie fino al fondo. Finchè duri abbastanza forte il movimento di rotazione, vedremo come tutto il liquido rotante si elevi visibilmente verso la periferia e s'avalli verso il centro di rotazione, formando una specie di vortice o d'imbuto. Gettiamovi ora alla confusa, come vien viene,

Digitized by Google

della segatura di bosso (1). È un legno abbastanza pesante perchè non si possa mantenere a galla, e se l'acqua è tranquilla, possiam vedere la segatura di bosso sommergersi e cadere lentamente al fondo, imitando una nevicata. Appena però l'acqua si tenga in movimento, un po'forte, la segatura si mantiene facilmente in sospensione. In seno alla nostra piccola corrente circolatoria adunque la segatura di bosso si terrà sospesa nell'acqua un tempo abbastanza lungo, perchè le parti inferiori della corrente stessa possano esercitare pieno dominio su quei corpuscoli che discendono lentamente sospesi in sua balia. Nell'esperienza in discorso, mentre dura nell'acqua un certo massimo di velocità rotatoria, vedrete in seno all'acqua medesima tutto un turbinio indecifrabile. I minuzzoli di bosso vi brulicano con quel disordine dei pulviscoli, nell'aria, per cui possiamo applicare a quel turbinio, quasi alla lettera, la celebre dipintura dantesca:

Così si veggion qui diritte e torte,
Veloci e tarde rinnovando vista,
Le minuzie dei corpi, lunghe e corte,
Muoversi per lo raggio, onde si lista
Tal volta l'ombra. . . . . (2)

Ma no. Il brulichio si fa presto più denso verso l'asse, o porzione centrale della corrente: mano mano che il moto si regolarizza e si allenta, l'acqua circolante si rischiara sempre più verso la parte perimetrica, mentre sempre più si abbuja nella parte centrale. Evidentemente quelle minuzie, mentre discendono verso il fondo, sono spinte verso il centro, aggirandosi a spirale, come fa la farfalla intorno al lume, finchè ci casca. Ecco già appare al centro sul fondo del vaso un mucchio ben visibile di segatura, che sempre più s'ingrossa formando un cono. La violenza colla quale sono spinte le minuzie che si affollano da tutte le parti al centro, è tale, da principio, che quei corpuscoli, incontrandosi, si cozzano, come palle di bigliardo, e tutti insieme si sospingono dal sotto in su, tanto che ne nasce un turbine ascendente, anch'esso visibilissimo, che ondeggia quasi penaacchio o sbuffa, per dir così, a guisa di piccolo vulcanello sulla punta del cono in formazione. È veramente un piccolo *mulinello*, una *tromba* in miniatura, aggirata da una corrente circolatoria di acqua, come i veri mulinelli e le vere trombe lo sono da una corrente giratoria d'aria. Il cono intanto, che è sorto dal fondo, si dilata e si alza, cioè in tutti i sensi s'ingrossa. Infine tutta la segatura di bosso è là sul fondo, tutta raccolta, senza che ne manchi un bricciolo, al centro del vaso, dove sorge, disegnando un cono d'una regolarità meravigliosa, non cessando per questo l'acqua di rotare ancora per lungo tempo.

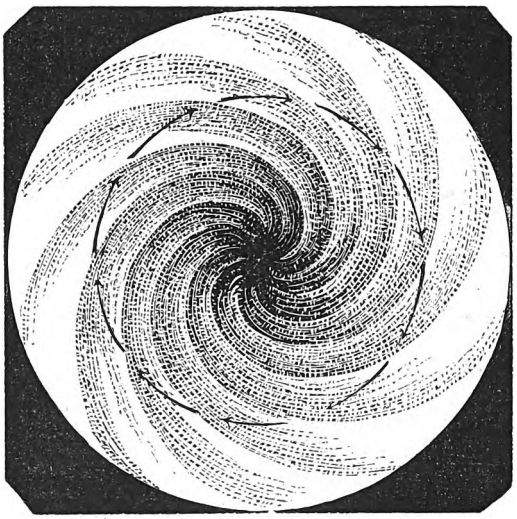


Fig. 440. — Disposizione che assumono i corpi tenuti in sospensione in seno ad una corrente rotatoria.
(Esperienza eseguita con segatura di bosso)
NB. Le freccie indicano la direzione fondamentale della corrente rotatoria.

Evidentemente, nella descritta esperienza, l'acqua della corrente circolatoria sotto la superficie è animata da un doppio movimento. Movimento circolare, per cui le molecole ruotano all'ingiro dell'asse della corrente; movimento centripeto, per cui ogni singola molecola tende a guadagnare il centro, in corrispondenza col vertice del cono rovesciato o imbuto che si forma alla superficie. Naturalmente ciascuna molecola non può eseguire questo doppio movimento che disegnando una spirale, cioè una specie di vortice, entro cui sono aggirati e trascinati i corpi in sospensione, i quali, come la segatura di bosso, tendono a cadere sul fondo. Essi devono quindi eseguire i tre diversi movimenti indicati schematicamente nella Fig. 441.

1.° Movimento rotatorio intorno all'asse della corrente.

2.° Movimento orizzontale verso il centro

(1) Sarà bene lavare in anticipazione la segatura, decantando l'acqua più volte, per eliminare quel pulviscolo più leggiero che, mantenendosi troppo lungo tempo in sospensione, non farebbe che intorbidare l'acqua del vaso in cui si eseguisce l'esperienza, rendendo questa meno chiara e brillante.

(2) *Paradiso* XIV,

Digitized by Google

nel piano della corrente, dove al momento si trovano.

3.° Movimento verticale discendente verso il fondo.

La risultante, cioè il loro movimento effettivo, sarà quello di una spirale, i cui giri si svolgano, restringendosi verso l'asse e abbassandosi verso il polo inferiore dell' asse

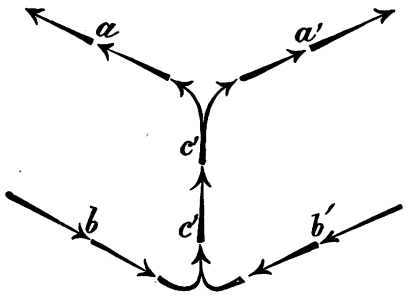


Fig. 441. — Schema della circolazione d'una corrente rotatoria

aa' Correnti centrifughe radianti dal centro alla superficie della corrente rotatoria.
bb' Correnti centripete e spirale discendente intorno all'asse centrale della corrente rotatoria
cc' Corrente centrale a spirale ascendente sull'asse della corrente rotatoria.

medesimo, in corrispondenza col vertice del cono rovesciato superficiale, che costituisce il polo superiore.

Ho cercato di rappresentare graficamente il fenomeno nel suo complesso colla Figura 442. Essa presenta la sezione di un vaso o bacino pieno d'acqua, a cui si imprima, colla solita paletta, un movimento di rotazione. La corrente, composta di tutta la massa d'acqua in rotazione, che può considerarsi e si mostra anzi esperimentalmente composta di molte correnti a spirale continua, qui si suppone formata di quattro soltanto. Prendendo queste quattro correnti a spirale continua nel punto A, corrispondente al punto centrale e massimo svasamento della superficie dell' acqua ruotante, si vedono ciascuna, seguendo gli indici delle rispettive frecce, volgersi a spirale radiante fino alla periferia della superficie, poi torcersi verso il fondo del vaso a spirale discendente, e, giunte verso il fondo, ritorcersi, sempre a spirale, verso il centro del vaso, dove si inalzano, si urtano e si ripiegano bruscamente a spirale ascendente sull'asse centrale del liquido rotante, fino a raggiungere il punto A. da cui sono partite.

Vi è un momento in cui questo processo, apparentemente complicato, si rivela in tutta la sua semplicità; ed è quando, essendo l'acqua abbastanza chiarificata per la caduta di molti corpuscoli al fondo, si può assistere alle ultime fasi della formazione del cono descritto. Allora si vedono i minuzzoli di bosso, che hanno già toccato il fondo, accostarsi alla base del cono, scopati dalla corrente verso di esso. Quei corpuscoli però non ci vanno già sparpagliati in disordine, ma in schiere e file serrate, come piccoli battaglioni, che si aggiustano l'uno dopo l'altro alla base del cono, rotando come un braccio di leva arcuato, che ha per centro di rotazione l'asse della corrente (Fig. 443). Il fenomeno è visibilissimo e non permette illusioni.

Notiamo come quelle file di corpuscoli, che si aggiustano l'uno dopo l'altro alla base del cono centrale, come farebbero tanti fili metallici, fissi da una parte all'asse della corrente, che si rotolano intorno all'asse medesimo; notiamo, dico, che queste file sono regolarmente spaziate, cioè separate l'una dall'altra da un intervallo lineare vuoto o occupato da un numero molto minore di corpuscoli. Le file e le radure si alternano con una uguaglianza di spazio quasi matematica. Ciò mostra all'evidenza che la corrente circolatoria, come ogni corrente di liquido, è ondosa, intermittente in tutte le sue parti, cioè si spezza, per dir così, in tante piccole correnti uniformi come i sussulti d'un getto d'acqua, come l'onde di un fiume, come i flutti del mare. Questo modo d'intermittenza delle correnti acquee è spiegatissimo dai fisici. Una prima fila di molecole liquide, messa in movimento in un dato senso, trasmette il movimento alla seconda fila che si trova nella stessa direzione. Ma il moto da corpo a corpo non può trasmettersi istantaneamente. La fila successiva delle molecole reagisce per la propria inerzia: c'è un momento di sosta, quindi una linea d'equilibrio, cioè di stato, tra la prima fila che deve trasmettere il movimento e l'altra che deve riceverlo. Valga come spiegazione più spiccia il richiamo di ciò che tutti sanno avvenire dell'acqua messa in movimento da un sasso lanciatovi nel mezzo: fenomeno che noi abbiamo già descritto e spiegato, parlando della formazione delle onde. Intorno al sasso che si tuffa si forma una prima onda circolare; intorno a questa, con breve intervallo di tempo e di spazio, una seconda, poi una terza, una quarta; e tutto lo stagno si copre di onde circolari concentriche, che sembrano tutte successivamente dilatarsi e sospingersi. Qui abbiamo il caso di una corrente irradiante da un centro in tutte le direzioni, colle intermittenze de-

Digitized by Google

ESPERIENZE SULLE CORRENTI CIRCOL.

scritte. Ad ogni linea di movimento corrisponde un rilievo circolare di onda, e ad ogni linea d'inerzia una depressione. Ora si sarà intesa l'intermittenza, o meglio la suddivisione in tanti spazî momentanei di moto o d'inerzia della corrente, che si muove circolando a spirale.

I corpi in sospensione dovranno tradurre naturalmente nella propria disposizione la forma della corrente che li muove, nei diversi momenti in cui il moto si divide. È naturale che, tanto sul fondo come nel corpo della corrente, le minuzie di bosso si accumuleranno momentaneamente in numero assai maggiore sulle linee d'inerzia, che su quelle di movimento. Ne risulterà un'alternanza di radure e di fitti, moventisi ad urti successivi, con moto a spirale.

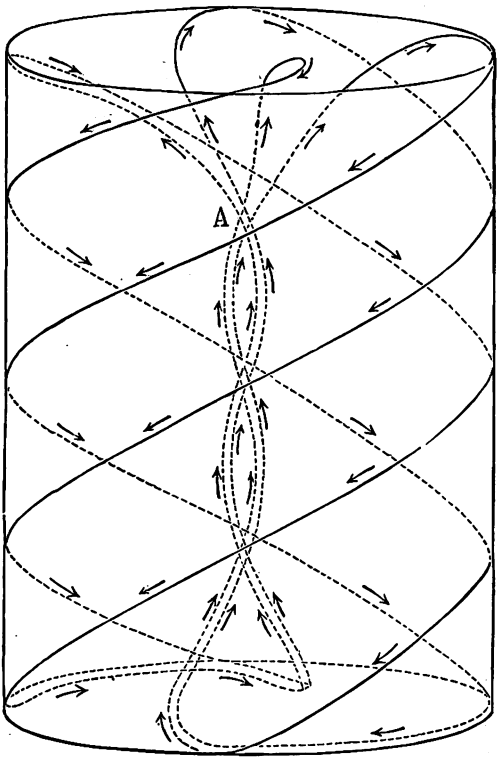


Fig. 442. — Projezione schematica delle correnti a spirale continua di cui si può immaginare composta una corrente rotatoria.

Si può in certo senso sorprendere la natura in flagrante, arrestare cioè il fenomeno nell'atto stesso che si produce, così da poterlo osservare con tutto comodo e farne un oggetto da gabinetto. Alla segatura di bosso si sostituisce sabbia di quarzo; la sabbia nera, per esempio, che si adopera comunemente per spolverizzare lo scritto. S'adoperi anzi lo spolverino comune, o vaso bucherato, e, impresso al solito un movimento rotatorio all'acqua, si spanda la sabbia sulla sua superficie, precisamente come si spolverizzasse lo scritto. La sabbia, essendo molto pesante, tende a cadere rapidamente sul fondo del recipiente. Intanto però che la sabbia attraversa lo spessore della corrente, questa ha tempo di ordinarne e distribuirne a suo modo i granelli; non quello tuttavia di ridurli tutti al centro, specialmente i più lontani. I granelli che vengono a cadere, già distribuiti in tante file o gruppi lineari a spirale quante sono le piccole frazioni di corrente, disegnano sul fondo stesso del vaso le singole projezioni delle singole spirali, cioè quasi una stella, o ruota, formata di raggi arcati nel senso contrario al moto della corrente, alternanti radi e spessi, come nell'unita figura (Fig. 443). Non si può meglio sorprendere la natura in atto (1).

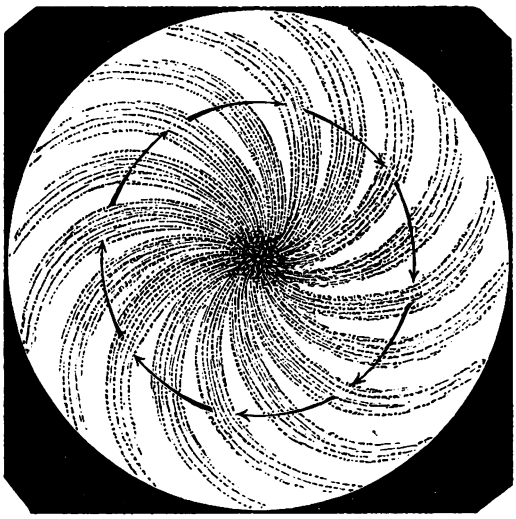


Fig. 443. — Disposizione che assumono i corpi in sospensione a rapida discesa in seno ad una corrente rotatoria (Esperimento eseguito con sabbia di quarzo).

Avviene in questo esperimento qualche cosa di simile a quello che si ottiene nelle esperienze d'acustica, quando si fanno vibrare le lamine metalliche, sfregandole coll'archetto di

(1) La riuscita di questo esperimento non è senza qualche difficoltà, trattandosi di un delicatissimo equilibrio tra la resistenza dei grani di sabbia e la forza impellente della corrente. Se il fondo del recipiente fosse concavo, od anche semplicemente piano, la sabbia è facilmente trascinata tutta al centro, come avviene operando colla segatura di bosso. L'effetto si ottien meglio con un recipiente che abbia il fondo un pochino convesso. In questo caso i granelli, dovendo vincere la salita per portarsi al centro, offrono maggiore resistenza alla corrente, quindi si arrestano disposti a gruppi radianti, come abbiam detto.

Digitized by Google

violino dopo averle spolverizzate colla sabbia. È noto che la sabbia, movendosi sugli spazi vibranti in cui si ripartisce la lamina, mentre riman ferma sulle linee nodali che non vibrano, disegna delle regolarissime figure, in corrispondenza appunto colla forma che pigliano le lamine sonanti secondo i diversi tuoni. Nella nostra esperienza le linee di movimento della corrente circolatoria corrispondono agli spazî vibranti della lamina, e le linee d'inerzia alle linee nodali.

23. Non so se gl'idraulici abbiano descritto, o almeno avvertito questo modo d' agire delle correnti circolanti. Se il lettore si annoiasse di sentirne la spiegazione che io tenterò di darne qui in via di digressione, salti pure al paragrafo seguente, ritenendo soltanto come dimostrato dalle accurate esperienze che i galleggianti sulla superficie di una corrente circolatoria sono spinti verso la periferia della corrente stessa, mentre i corpi che si sommergono, mantenendosi per un tempo più o meno lungo in sospensione nel corpo della corrente, sono spinti invariabilmente verso il centro della medesima. Questi fenomeni adunque li spiegherei così.

In una massa liquida, a cui s'imprima un movimento, non c'è resistenza possibile : dico quella resistenza assoluta, che impedisce il moto, determinando l'*equilibrio assoluto*, ossia lo stato delle molecole. Non c'è che il caso in cui il liquido sia compresso con egual forza da tutte le parti, come nelle esperienze sulla incompressibilità dei liquidi. Finchè c' è un punto libero, il liquido, sollecitato da una forza qualunque, si muove in una data direzione. C' è poi questo di proprio che, per la legge notissima della trasmissione del moto e della mutua reazione di tutta la massa liquida in un recipiente qualunque, una molecola che si sposti mette per consenso in movimento tutta la massa. Che una molecola dell'oceano, dice Maury, sia messa in movimento dal minimo degli infusorî, e tutto l' oceano si muove.

Nelle correnti circolanti abbiamo la forza centrifuga che si sviluppa. Questa fa sì che le molecole della massa liquida tendono tutte a portarsi dal centro, o meglio dall'asse centrale, alla periferia. Deve risultarne necessariamente una continua diminuzione di liquido, o, come si direbbe, un vuoto nel centro. Il vuoto è appunto quell' imbuto o svasamento che si presenta alla superficie del liquido, mentre fugge di continuo dal centro e si accumula verso le pareti del recipiente. Ma vi è anche la forza centripeta, o di gravità, per

cui tutte le molecole sono del pari sollecitate (qui sta la legge dell'uguale livello della superficie della massa liquida) a gettarsi a riempire quel vuoto, quindi a muoversi verso il centro, in senso contrario a quello voluto dalla forza centrifuga. Il vuoto pertanto, e quindi lo svasamento della superficie, non si può formare se non per quel tanto di eccesso della forza centrifuga, per cui esso vince la forza di gravità. Se il moto giratorio è più veloce, il vuoto sarà maggiore e viceversa. C'è il momento dell'equilibrio, o piuttosto del compenso tra le due forze contrarie. A questo punto le molecole, prendendole in massa, saranno sollecitate con pari energia a portarsi tanto verso la periferia, quanto verso il centro. Siccome ciascuna molecola non può muoversi in due sensi contrarii, e siccome il moto dev'essere, come abbiam detto in base a tutte le esperienze, effettivo; non ci sarà altra via di mezzo per esse che dividersi in due campi, l'uno di molecole che seguono la forza centrifuga, l' altro di molecole che ubbidiscono alla centripeta, secondo le circostanze che sono più favorevoli al loro movimento piuttosto in un senso che nell'altro.

Si può vedere facilmente come alla forza centrifuga ubbidiranno preferibilmente le molecole superficiali, le quali, libere affatto, non soggette a compressione, appunto perchè superficiali, possono scorrere più facilmente dal centro alla periferia, senza incontrare ostacoli. Alla forza centripeta ubbidiranno invece le inferiori, che sono le più pesanti, perchè compresse dall'alto al basso, e sono, per la legge del livello, chiamate a riempire il vuoto che si forma continuamente alla superficie. Ne nascerà una circolazione: cioè le molecole superficiali tenderanno alla periferia, le interne al centro. Queste dovranno poi salire, per pressione idraulica esercitata dal livello periferico più elevato onde supplire continuamente al vuoto che si forma continuamente alla superficie. I corpi galleggianti, o superficiali, saranno quindi spinti verso la periferia, e verso il centro quelli in sospensione.

Ben diversa tuttavia sarà la facilità con cui ubbidiscono questi o quelli alla rispettiva corrente. La corrente superficiale, allargandosi per portarsi su tutta l'estensione della periferia, andrà continuamente perdendo di forza, man mano che s'allontana dal centro. Il galleggiante non potrà essere sollecitato che da quella piccola e debole porzione di corrente in corrispondenza colla piccola porzione di periferia che può essere misurata, per un supposto, da

Digitized by Google

un corpuscolo in un vasto recipiente, o da un tronco nell'oceano. Sotto la superficie invece le correnti convergono tutte verso il centro. Il corpo in sospensione sarà quindi sollecitato da un numero sempre crescente di correnti convergenti, man mano che si approssima al centro, dove giungerà colla massima forza e colla massima velocità, urtandosi violentemente cogli altri corpi che vi giungono contemporaneamente da tutte le parti. Da ciò il fenomeno osservato per la segatura di bosso, che abbiamo paragonato ad un vulcanello. In ultimo il raccogliersi di tutti i galleggianti in un mucchio centrale il quale, determinato dalle correnti convergenti verso un centro comune, dovrà prendere necessariamente la figura di un cono. Le nostre esperienze rispondono perfettamente a queste leggi e le mettono in evidenza.

Ma, lasciata da parte la teorica, raccomandata all'indulgenza degl' idraulici, i fatti accertati ci conducono, nel caso nostro, a questa conclusione. — I galleggianti sull' oceano Atlantico a nord dell'equatore sono, per effetto della corrente circolatoria respinti alla periferia; invece i legni che si sommergono, mentre si tengono in sospensione, sono spinti verso il centro. — La prima parte della conclusione è in perfetta corrispondenza col fatto degli ammassi di legname galleggiante che si formano sulle coste della Groenlandia, dell'Islanda, dello Spitzberg, dell' isola Jan-Mayen, ecc., località poste sullo spazio periferico di quel tronco della corrente circolatoria Atlantica che va distinta col nome di corrente del Golfo. Bisognerebbe vedere se la seconda parte sia ugualmente suffragata dal fatto. Ma come può questo accertarsi, se, nel caso che si verifichi, non può aver luogo che nelle invisibili profondità dell'oceano? Finchè non si facciano appositi scandagli, bisognerà accontentarsi di ammetterlo logicamente come una necessità, ovvero di raccogliere qualche indizio da ciò che per avventura possa vedersi alla superficie del mare. Un indizio sarebbe mai appunto il Sargasso, che si trova alla superficie dell'Atlantico in perfetta corrispondenza coll'area occupata dal supposto cumulo di legname sommerso, cioè precisamente nella parte centrale della corrente circolatoria Atlantica?

24. Il Sargasso non è che una grande assemblea di alghe viventi, quindi nate e cresciute nel luogo stesso ove si trovano. — Quali rapporti possano avere col legname che si ritiene accumulato sul fondo in corrispondenza colla superficie occupata dal Sargasso medesimo? — Dobbiamo rientrare di nuovo nel campo dell'osservazione e della esperienza, per vedere quali siano le condizioni più favorevoli allo sviluppo della vegetazione acquatica.

La prima osservazione è questa che la vegetazione acquatica si svolge preferibilmente nei luoghi tranquilli. Le paludi, ossia i vegetali palustri, prosperano in grandi assemblee sui littorali marini o lacustri, meno disturbati dalle onde, e meglio ancora nei seni, negli stagni, nelle *lanche* od anse di fiume abbandonate dalla corrente, insomma nelle acque morte. Dove si osservano, per esempio, nei nostri laghi quei sargassi in miniatura, quelle foreste d'alghe sarmentose, che sorgono da profondità di molti metri fino al pelo dell'acqua; pericolo permanente per gli incauti nuotatori? Sempre nelle insenature del littorale, e in genere nei luoghi più tranquilli. Questa prima condizione, relativamente parlando, si verifica per l'appunto per quella grande area centrale della corrente atlantica, in corrispondenza topografica col Sargasso. Segnando a questo per limite da sud a nord il 22° e il 36° di latitudine, ci troviamo appunto in pieno dominio di quelle calme tropicali di tanto trista memoria per le lunghe sofferenze sopportatevi dai naviganti, prima che meglio conosciute fossero le vie dell'Atlantico e che il vapore li avesse posti in grado di far a meno dei venti. Le calme tropicali del Cancro entrano anch'esse nel numero delle scoperte fondamentali, per la geografia fisica, fatte da Colombo nel suo primo viaggio. Nella lettera già citata, da lui scritta da Haiti nel 1498, dice chiaramente che, quante volte è partito dalla Spagna per l'India (America), a cento miglia ad ovest delle Azorre, arrivando a quella linea dove si cambia la declinazione dell'ago magnetico e cominciano i sargassi, trovò che il mare d'un tratto entra in calma, e non c' è più d' ordinario vento che l' agiti. « Quando noi discendemmo dalle isole Canarie » fino al parallelo di Sierra Leone, ci toccò » di soffrire un calore orribile: ma, dacchè » abbiamo oltrepassato il limite indicato, il » clima cambia, l'aria si addolcisce, e il fresco » aumenta a misura che noi ci avanziamo » verso l' occidente ». Ciò vuol dire che si entra nella zona dei venti alisei.

Questo periodo della lettera di Colombo ci porta già a fissare una seconda condizione favorevole allo svolgimento della vegetazione acquatica, cioè quella di una temperatura calda. Gli alpinisti possono aver facilmente osservato che i laghetti alpini, disseminati a centinaja

Digitized by Google

nelle regioni più elevate, fino al livello delle nevi perpetue, sono privi, o almeno scarseggiano di vegetazione, mantenendosi limpidi e trasparenti, come specchi di puro cristallo in seno alle nude rupi. Ma appena si discenda ad un livello più basso, quindi in una temperatura più mite, le erbe acquatiche si mostrano tosto abbondanti. Nella pianura gli stagni, e parzialmente i laghi, diventano canneti o campi coperti di foglie di ninfea e d'ogni genere d' alghe palustre. Le maremme e le paludi littorali, già così rigogliose nei climi temperati, prendono enormi proporzioni nella zona equatoriale. Quanto al Sargasso dell'Atlantico, ha già detto Colombo quanto basta per farci intendere come la condizione di una calda temperatura si verifichi in grado eminente per quel mare di alghe.

Una terza osservazione, che ciascuno può aver fatto riguardo alle condizioni più favorevoli allo sviluppo della vegetazione acquatica, è questa: che essa prospera principalmente, per non dire invariabilmente, quando il fondo sia coperto, diremo meglio è formato di vegetali in decomposizione. Su questa terza condizione chiamo specialmente l' attenzione del lettore.

Nei casi ordinari è la stessa vegetazione acquatica che, una volta stabilita, ricopre il fondo, e, sviluppandosi per successive generazioni, crea, colle reliquie dei vegetali morti sul posto, un suolo eminentemente e quasi totalmente vegetale. In questa esigenza, come in questa creazione di un suolo vegetale sommamente favorevole al loro sviluppo, i vegetali terrestri vanno del pari cogli acquatici. Osservando il fondo degli stagni ricchi di vegetazione, si scorge che il fondo è tutto un traliccio di radici di canne, di rizomi di ninfee, e di drape, è tutto un ammasso di vegetali morti ed annerriti. Una volta poi che si scavi il fondo, lo si trova tutto nero, tutto carbonioso, quando non sia una massa torbosa composta di vegetali già da lungo tempo morti e decomposti. Non è raro il vedere in autunno le nostre *roggie*, e gli stagni, interamente coperti di foglie cadute, così che un palmo d'acqua non ne trasparisca. È questo pattume principalmente che, imbevendosi d' acqua, si affoga, marcisce e si trasforma in quel terriccio o fango nero che il botanico sa come formi invariabilmente il fondo più ricco di piante acquatiche. Infine si può stabilire che la vegetazione acquatica viva (si parla naturalmente dei più grossi e più ordinari ammassi d' alghe viventi) si svolge sopra uno strato di vegetazione morta. Ci deve essere una legge, un rapporto di causa ad effetto tra questa prosperità dell'erbe acquatiche e la costituzione organica del fondo da esse preferito.

Non posso vantarmi specialista in questo genere di studî; ma mi pare che la ragione principale della notata predilezione delle piante acquatiche debba consistere in questo che, sopra un fondo composto, o almeno ricco in vegetali di decomposizione, le piante devono trovare, troppo meglio che sopra un fondo nudo, composto semplicemente di sabbie e di fanghi minerali, gli elementi più necessarî alla loro vita ed alla loro propagazione. Nel caso pratico però bisognerebbe che si conoscesse un po 'meglio la storia naturale di quelle alghe, le quali compongono il Sargasso, di cui andiamo cercando l' origine. Quelle alghe, che ricoprono tanta parte dell' oceano, si ritenevano da alcuni botanici come strappate dal fondo, a cui nella loro origine erano fisse, e venute a galla per effetto della loro estrema leggerezza. Ma il loro fenomenale rigoglio, la loro perenne verdura e tutti quei caratteri che distinguono i vegetali vivi dai morti, dicono abbastanza che qui siamo in piena vegetazione. Chi vide e parlò di quei sargassi, non seppe paragonarli ad altro che a grandi praterie. Infatti il Meyer, dall'esame di alcuni caratteri, avrebbe conchiuso che i sargassi non hanno mai potuto essere fissati sul fondo, ma nascono e crescono sempre natanti, ossia in sospensione nelle acque, come tanti altri vegetali acquatici. Mi pare che questo modo di vedere s'accordi meglio col complesso dei fatti conosciuti. Non escludiamo però affatto l'idea che i sargassi possano essere fissi a grandi profondità, sapendosi da tutti come le alghe in genere, quelle comprese dei nostri laghi, formano delle piante sarmentose e filamentose d'una lunghezza enorme, talchè possano benissimo raggiungere il pelo delle acque e mostarsi a galla, benchè siano fisse a grande profondità. Ho letto, per esempio, di alghe le quali possono fissarsi e crescere ad una profondità di 300 metri. Comunque, ripeto, siano fisse o vivano in sospensione, le alghe che formano il Sargasso devono trovar sempre in un fondo legnoso, o comunque ricco di vegetali, le migliori condizioni del loro sviluppo, cioè la massima ricchezza di quegli alimenti che sono necessarî al loro sostentamento.

Quì c'è indubbiamente un gran studio da farsi. Bastano però le nozioni più generali di fisiologia vegetale, per stabilire, in via di massima, che dev'essere così.

Parlando degli alimenti delle piante, il

Digitized by Google

Duchartre, per citare un botanico, dice che l'acido carbonico è incontestabilmente la sorgente principale alle quali le parti verdi delle piante (si noti che questa parte è la massima nei sargassi) attingono il carbone loro necessario. L'acqua ne tiene generalmente in dissoluzione. In generale però è più l'acido carbonico, e per conseguenza il carbone, che le piante pigliano dal suolo per mezzo delle radici, di quello che gli organi verdi prendono dall'atmosfera. Mi pare in ogni caso che, siano radicati sul fondo o siano sospesi nell'acqua, i sargassi devono sempre trovare ricchezza d'acido carbonico sopra un fondo di vegetali in decomposizione, sapendosi benissimo come quest'acido sia uno dei principali prodotti della fermentazione vegetale.

Dalla decomposizione dell'acido carbonico, che è per le piante una delle principali funzioni vitali, le piante stesse si procurano l'ossigene, che è, dopo il carbonio, il secondo elemento della loro composizione.

Il terzo elemento è l'idrogene. Non mi pare improbabile che i sargassi se lo procurino colla decomposizione dell'idrogene carburato, che si svolge pure dai vegetali in fermentazione. L'idrogene però, secondo l'opinione dei botanici, è principalmente fornito alle piante dall'ammoniaca. Ma questa appunto sappiamo essere prodotta in gran quantità dalla decomposizione degli animali dapprima, ma poi anche sebbene in quantità minore, da quella delle piante. Per doppia ragione adunque il fondo legnoso del Sargasso atlantico dev' essere favorevole allo sviluppo delle alghe; la prima, perchè sparso, anzi quasi formato di vegetali in decomposizione; la seconda perchè, in conseguenza dello sviluppo delle alghe, il Sargasso dev'essere anche un grande *rendez-vous* di animali d'ogni genere, destinati ad impinguare continuamente colle loro spoglie il fondo legnoso del mare.

Ma la causa principale per cui il fondo legnoso dev' essere sommamente favorevole allo sviluppo dei sargassi è questa: che un fondo ricco di vegetali lo è pure allo sviluppo del quarto elemento costitutivo dei vegetali stessi, cioè dell'azoto. Sappiamo che l'azoto entra come essenziale costitutivo delle sostanze albuminoidi, e che queste sostanze albuminoidi servono principalmente alla produzione del protoplasma e della clorofilla di cui sono composte le piante in genere, massimamente le piante esclusivamente cellulari, come sono le alghe.

Quando si pensa a quella sterminata quantità di piante acquatiche che può trarre alimento dai vegetali che impinguano il fondo del mare; quando si pensa che le piante viventi nelle acque servono a purificarle, cioè a mantenerne le proprietà vitali (1); quando si pensa al numero infinito d' animali d' ogni genere che vivono parassiti su quelle piante, o se ne nutrono, o trovano in esse comunque le condizioni più propizie alla loro esistenza e propagazione; (2) non si può lasciar di pensare anche che un magistero vasto, profondo, eminentemente provvidenziale, non debba scoprire la scienza sotto quel fenomeno apparentemente affatto accidentale e di nessuna importanza che è la fluitazione dei vegetali terrestri al mare, mediante le correnti di terra.

25. Al postutto la ragione principale che mi persuade a ritenere il Sargasso dell'Atlantico come dipendente nella sua origine e nel suo sviluppo da un ammasso di legname che deve occupare la parte centrale di quell'oceano, è questa: che la grandezza dello stesso Sargasso, confrontata con altri ammassi d'alghe oceaniche conosciuti, è proporzionata a quella che deve avere quell'ammasso di legname in confronto degli altri ammassi che devono indubbiamente occupare il fondo di altri oceani, in corrispondenza coi sargassi rispettivi.

26. Qui bisogna far un passo indietro per domandare se, dimostrato che ci siano altre correnti paragonabili a quella dell'Atlantico, vi corrispondono altri sargassi? Rispondiamo affermativamente per le due più note e più ben definite correnti circolatorie, cioè per quella dell'oceano Indiano e per l'altra del Pacifico settentrionale, che costituiscono, come abbiam detto, con quella dell'Atlantico settentrionale, i tre circoli oceanici principali.

La parte centrale delle due correnti de-

(1) In questo consiste il principale artificio degli acquari comuni; nel collocarvi cioè dei sassi coperti d'erbe acquatiche, viventi le quali, continuando a vegetare nell'acqua, la mantengono respirabile, senza bisogno di cambiarla continuamente, come è necessario di fare nei vasi dove si tengano soltanto pesci od altri animali, i quali altrimenti vi morrebbero di asfissia.

(2) Sa benissimo il zoologo che, per far più grasso bottino d'animali acquatici, deve frugare colla sua reticella nelle acque più dense d'erbe acquatiche. E lo sa benissimo anche il pescatore, specialmente quando pesca nella stagione della fregola. Tra le cause dell'impoverimento dei nostri laghi ho sentito accusarsi la cattiva abitudine invalsa in certi posti, per esempio a Pescarenico sotto Lecco, di estirpare le erbe palustri dal fondo, per spargerle sui campi come concime. I gamberi, le *Unio*, le *Anodonta* ed altri generi infiniti di crostacei, di molluschi, d' insetti si moltiplicano appunto in quelle alghe, dove anche dormono e s'annidano i pesci. Quante volte poi ho osservato, vogando sul lago di Lecco, dove l'acqua è poco profonda, nelle radure delle selve di alghe, per tratti di miglia, tutto un brulichìo di pesciolini, sicchè si può dire veramente che i fondi algosi sono la culla dei pesci.

Digitized by Google

scritte dovrebb' essere dunque, come quella dell' Atlantico, occupata dai sargassi. Vi si verificano difatti, come per l'Atlantico, le condizioni di una quiete relativa e di una calda temperatura: nè dovrebbe mancare la terza condizione, cioè la presenza di un ammasso di legname sul fondo. Non esistono forse delle terre all'ingiro di quei due grandi bacini e fiumi che vi mettono foce? Certamente; e abbiamo già detto che gl'indigeni delle isole Aleuzie si servono pei loro usi dei legni di canfora e di altre piante condotte dalla China e dal Giappone dalla corrente che esce dall' oceano Indiano, come gli abitatori dello Spitzberg e dell' isola Jan Mayen adoperano i legni di campeggio e di mogano che la corrente del Golfo convoglia fino a loro dalle coste orientali dell'America. I sargassi non possono quindi mancare; e di fatto non mancano.

Alcune Carte moderne disegnano infatti un *mar dei Sargassi* tanto nel mezzo dell' oceano Indiano a sud, quanto nel mezzo dell' oceano Pacifico, a nord dell' equatore, e il Maury non ha mancato di segnalarli, riportandoli, in conformità colla sua teorica, come altra delle prove dell'esistenza delle due correnti circolari, corrispondenti ai due oceani. Ma quì sta il punto sul quale richiamo tutta l'attenzione del lettore. Parlando del circolo delle acque che si compie tra l'Africa orientale e l'Australia, per mezzo di una corrente, la quale prende origine dall' oceano Indiano, il Maury si accontenta di dire che quella corrente si perde in una specie di mar di sargassi. Quanto al Sargasso del Pacifico, ne parla in termini affatto indecisi, e lo figura molto piccolo nelle sue Carte. È certo in ogni caso — e troppe navi ormai solcano il Pacifico, tra la California e l' arcipelago Indiano, come tra l'Africa e l'Australia, per poterne dubitare — è certo dico che i due Sargassi, in quanto al loro sviluppo, non ci hanno che vedere col gran *Sargasso* o *mar dei Sargassi* dell' oceano Atlantico. Quante navi fino dai tempi antichi hanno attraversato e attraversano, lo ripeto, l'oceano Indiano partendo dal capo di Buona Speranza per portarsi alle Indie Orientali? Quante percorrono in lungo ed in largo l' oceano Pacifico, per recarsi dall'uno all'altro continente e da questi a quel semenzajo d'isole che occupa tutta la regione tra il 50° di latitudine sud e il 50° di latitudine nord? Chi ha mai ricevuta un'impressione simile a quella che ricevettero Colombo e i suoi atterriti compagni, e ricevono tuttogiorno quanti s'imbattono nell'immane Sargasso dell' Atlantico settentrionale? Tra un mare sparso di alghe, quali sono nelle parti centrali rispettive gli oceani Indiano e Pacifico, e un *mare d'alghe* di mezzo milione almeno di miglia quadrate, tutto compatto a guisa di una prateria, ci corre.

Che cosa manca adunque allo sviluppo dei sargassi nei due oceani, perchè pareggi quello che essi presentano nell' Atlantico? — Non manca che una corrispondente quantità di legname sommerso. Abbiamo già ammesso che il legname non deve mancare, perchè non può mancare dove vi son terre e fiumi. Naturalmente però la quantità del legname che viene a sommergersi nei diversi mari, sarà proporzionata alla potenza e al numero dei fiumi che vi mettono foce, ed alla vastità e ricchezza boschiva delle terre che possono essere dai fiumi devastate. Dimando ora in quali condizioni trovasi, sotto questo rapporto, l'Atlantico a nord dell'equatore, in confronto degli altri due oceani, il Pacifico cioè e l'Indiano?

Invece di rispondere, farò alcune domande a cui risponderà il lettore. — Donde viene il legname che galleggia o si affonda nel mare? — Dalle terre. — Per qual via? — Per la via dei fiumi. — Dove mettono foce i fiumi? — Nei mari . . . No; dite pure: nell'Atlantico. Provatevi a scrivere il catalogo dei fiumi, poi a cancellarne quelli che non versano immediatamente o mediatamente nell'Atlantico: il catalogo non sarà guasto che da poche cancellature.

27. Gran fatto è questo che non sarà mai abbastanza inteso ed apprezzato! Grande rivelazione della sapienza ordinatrice del nostro pianeta! L' oceano Atlantico non è infatti che una gran fogna, una specie di *cloaca maxima* che riceve lo scolo dei quattro grandi continenti. È la gran valle che le acque, prodotte dai vapori concentrati dai massimi condensatori del globo, riconduce alla massima caldaja, generatrice dei vapori destinati all'irrigazione dei continenti. Colle debite eccezioni, ma senza troppo offendere l' universalità della regola, si può dire che i quattro grandi continenti sono disposti in guisa da formare quasi un grande imbuto, che raccoglie le pioggie che cadono dal cielo, per versarle nell'Atlantico, e per via dell'Atlantico nei grandi oceani a sud dell'equatore. Troppo ho insistito su questo argomento ne'miei scritti precedenti, perchè abbia il coraggio di ritornarvi di proposito. Togli i fiumi dell' India e di quella zona di terra relativamente an-

Digitized by Google

gusta che si svolge tra il grande Oceano e il rilievo dell'Imalaja, poi quelli che mettono foce sulle coste orientali dell' Africa, lasciando anche da parte l'Australia affatto straniera al gran sistema dei continenti (in complesso una minoranza che, a calcoli fatti, è pochissimo significante), e poi non sarà più nemmeno un' iperbole il dire che tutti i fiumi del mondo versano nell' Atlantico. Se poi, prescindendo dai due massimi fiumi, il rio delle Amazzoni e il Congo, i quali versano, direbbesi, sopra un terreno neutro, cioè sull'equatore o presso l'equatore, non ci resterà che di far eccezione dei fiumi dell'Argentina, per poter dire che tutti i fiumi del mondo versano nell' oceano Atlantico a nord dell'equatore, cioè immediatamente, o per la via delle diramazioni dell'Atlantico, in quel gran circolo delle acque, il cui centro è occupato dal grande Sargasso. Il centro di questo gran circolo adunque deve essere il più vasto, il più potente legnajo di tronchi sommersi, come la sua periferia a nord, in corrispondenza colle terre più boschive, è il più vasto legnajo di tronchi galleggianti. La conseguenza ultima dev' essere l'immane e ben nutrito Sargasso.

Il *mar dei Sargassi*, incontrato ed ammirato la prima volta da Colombo, quando viaggiava attraverso l'Atlantico alla scoperta del Nuovo mondo, è dunque una vera splendidissima affermazione di fatto della circolazione dell' oceano Atlantico, delle leggi che lo governano e degli effetti che produce. L'esistenza del grande Sargasso si deve alla semi-immobilità ed alla calda temperatura delle acque nella regione centrale della grande corrente: il suo fenomenale sviluppo alla ricchezza degli elementi assimilabili, mantenuta dalla fermentazione del legname, accumulato nella stessa regione centrale sul fondo del mare.

28. Dopo tutto questo che abbiam detto su tanto grandiosa testimonianza della circolazione degli oceani che sono i Sargassi, non so se tale ancora potranno i futuri incontrarla che basti a svegliarne l'attenzione. Non so nemmeno se i presenti possono più rivederla, come l'ha veduta Colombo quattro secoli fa. Vi sono fenomeni in natura destinati a scomparire od a ridursi a proporzioni così piccole, che i posteri taccieranno di menzogna o almeno d'esagerazione noi che li abbiamo veduti e descritti. La mano dell'uomo va cancellando le orme del passato e contrastando alla natura palmo a palmo quei vasti spazî che sono il teatro delle sue più grandiose manifestazioni. Già il terreno erratico scompare, e sono ormai ridotti a pochi testimonî della grande epoca glaciale in Europa quegli eserciti di monoliti che gli antichi ghiacciai lanciarono e dispersero nelle pianure ai piedi delle Alpi e dell'altre grandi catene. Le torbe, che colmarono centinaia di laghi, ed altri cento ne ridussero entro sì angusti confini, hanno cessato quasi di prodursi qui, dove la mano dell'uomo è lì pronta a impossessarsi d'ogni giunco, d'ogni canna che spunti dal seno delle paludi. I fiumi, imprigionati entro le inespugnabili dighe, non sono più liberi di produrre quelle distese di delta, su cui trovarono sede le più numerose popolazioni e le più antiche civiltà. Anche il legname galleggiante sul mare è destinato a scomparire, mano mano che agli stessi fiumi non sarà più permesso di gettarsi rapaci invasori sulle vergini foreste, e mano mano che queste cederanno il luogo ai campi coltivati dall' uomo. Diminuendosi o cessando il legname galleggiante, diminuiranno e cesseranno necessariamente i grandi Sargassi. Mi pare indubitato che la diminuzione sia già in corso e siasi effettuata abbastanza rapidamente da quell'epoca, in cui, scoperta l'America, una popolazione tanto numerosa e tanto febbrilmente industre si stabilì e crebbe principalmente in quello smisurato bacino del Mississipi, in cui abbiamo riconosciuto indiscutibilmente il più grande tributario di legname galleggiante alla corrente del Golfo. Quante campagne sostituite da quell'epoca alle vergini foreste! e quante città fondate sulle sponde di quel gran fiume e de' suoi immani confluenti! Sappiamo che ormai il fiume stesso co' suoi confluenti, incanalato e stretto fra un sistema di dighe, le cui origini rimontano fino all'epoca in cui quelle regioni non erano abitate che da popoli selvaggi, o da indigeni, come quelli del Messico e del Perù, stretti in grandi società, non è più libero d'esercitare sulle foreste le sue vaste rapine. La diminuzione del legname galleggiante e del Sargasso atlantico doveva esserne la conseguenza. I moderni esploratori della Groenlandia, dello Spitzberg, dell' isola Jean Mayen non parlano più delle accumulazioni di legname fluitato dalla corrente del Golfo su quelle artiche coste con quella specie d' entusiasmo e di meraviglia con cui ne scrissero gli antichi. Così, nelle descrizioni delle traversate atlantiche, non trovo più nessuno che mostri d'aver ricevuto dal grande Sargasso quell'impressione profonda ed indelebile, che ne ricevettero Colombo e i suoi compagni di ventura. La civilizzazione,

Digitized by Google

che spopolò dalle sue immense foreste l'Europa, ne va spogliando le rive dell'Atlantico. Non credo sia troppo lontana l'epoca in cui il *mar dei Sargassi*, come lo sono molti altri fatti d'ordine fisico accertati e descritti dagli antichi, non sarà più che una reminescenza storica pei geografi, ed una finzione poetica pel volgo, avvezzo già a scordare così facilmente nell'età adulta quello di cui fu testimonio nell'infanzia.

VII. — Scambio delle acque tra i due emisferi.

29. Abbiamo veduto come la circolazione delle acque, che ha per linea di partenza l'equatore, o piuttosto la zona equatoriale, si compie separatamente entro i limiti di ciascuno emisfero, poi come in ciascuno di essi si divide in altrettanti sistemi circolatori, quanti sono i bacini oceanici più o meno racchiusi entro i continenti. Ma ciò non basta. Veramente non sappiamo fino a quale profondità possa farsi sentire l'azione diretta od indiretta del Sole: quindi non sappiamo a quale profondità possano attuarsi il moto, lo scambio, e il rimescolamento delle acque per mezzo delle correnti orizzontali o semiorizzontali.

Riflettendo però come l'acqua è per sua natura molto coibente, come cioè sia pigra nella propagazione del calore, dobbiamo ritenere che l'azione del calore solare non si faccia sentire con qualche intensità che a profondità molto mediocri. Perciò, relativamente alle grandi profondità del mare, quella che si dice propriamente *circolazione marina*, si risolve in un sistema di correnti superficiali ed orizzontali. Quali vantaggi ne potranno derivare al gran mondo sottomarino, a quella università di animali, che non si attentano un istante di staccarsi dal fondo? A quegli organismi pieni di vita, che la cucchiaia degli Americani e degli Inglesi raccolse da profondità di mille a quattromila metri? Che importa a codesti infiniti abitatori delle profondità oceaniche se le acque della superficie si rimutano orizzontalmente dai continenti al mare, e dal mare ai continenti, rimescolandosi in guisa che i sali marini riescano ugualmente ripartiti? Fissi sul fondo, sommersi sotto un oceano di acque stagnanti, avranno ben presto esaurita quella dose di sali che si contiene nelle acque in contatto coi loro corpi. In breve morranno di sfinimento: in breve sarà spenta la vita nelle profondità dell'oceano.

Qui evidentemente c'è bisogno d'uno scambio delle acque nel senso verticale; cioè di un sistema di correnti, per cui esse si rimutino continuamente, dalla superficie al fondo e dal fondo alla superficie, sicchè la dosatura della salsedine marina non sia soltanto un privilegio della superficie, ma una proprietà dell'oceano. — Chi dunque s'incarica di attivare questo grandioso sistema di circolazione verticale, a pro degli animali che abitano il fondo marino? — Gli stessi abitatori del fondo marino.

30. Suppongasi l'inerzia perfetta, il perfetto equilibrio del mare. Un solo atomo di sale, che una conchiglia sottragga ad una goccia d'acqua, e quell'equilibrio è rotto. Quella stilla, resa più leggera, abbandona il suo posto, montando verso la superficie; quel posto è immediatamente occupato da un'altra stilla, che lascia vuoto il suo, il quale verrà occupato immediatamente da una terza stilla. Così tutto l'oceano è in moto, per un atomo di sale rapito ad una stilla di acqua. Moltiplichiamo questo movimento, che può essere prodotto da un solo foraminifero, moltiplichiamolo, dico, per tutti i foraminiferi, per tutte le conchiglie, per tutti i coralli, per tutti insomma i secretori marini. Se uno zeffiro più non alitasse, se fosse spenta l'attività del sole, se tutti gli abitatori dei liberi mari rimanessero colpiti da un sonno magnetico, purchè potessero vivere gli immobili abitatori dei fondi marini, tutto l'oceano sarebbe egualmente travolto in un vortice universale, agitato da universale tempesta, tenuto in continuo fremito dal soffio della vita.

Facendoci però più dappresso ad analizzare di qual natura debba essere principalmente il movimento che gli organismi secretori imprimono al mare, troviamo che esso deve consistere in un sistema di correnti verticali, tanto numerose, quanto son numerosi gli abitatori delle profondità sottomarine. In questo senso le conchiglie e i coralli agiscono come antagonisti dei venti; questi condensano nelle acque i sali marini, quelli ne le spogliano: risultato di questo antagonismo è un moto di saliscendi di tutto l'oceano. I venti infatti, promovendo l'evaporazione, concentrano l'acqua alla superficie del mare; l'acqua, divenuta più pesante, precipita al fondo; i foraminiferi le conchiglie, i coralli, le rapiscono i sali; resa così più leggiera, essa monta a galla di nuovo. Se piace una similitudine, benchè un po' grossolana, possiamo immaginarci che le molecole di acqua divengano pallottoline di piombo alla superficie, e pallottoline di sughero sul fondo. Quelle precipitano, queste montano a

Digitized by Google

galla con assidua vece. Le infinite molecole che compongono l'oceano intrecciano un'immensa danza elettrica; se così non fosse, il fondo dell'oceano diverrebbe un'immensa salina, uno sconfinato mar Morto.

All'azione, che noi diremo fisiologica, con cui gli animali secretori tengono il mare in continuo movimento, aggiungono essi un'azione meccanica. Non parliamo dell'agitarsi che fanno tanti pesci, tanti mostri marini, tutti insomma i liberi pellegrini del mare. Anche il mondo degli immobili, degli inchiodati sul fondo, trova modo d'imprimere alle acque un moto meccanico il cui valore, moltiplicato pel numero degli agenti, ci darebbe una cifra mostruosa. Figuratevi una specie di sciacquamento universale, per cui l'oceano entrasse e uscisse da mille miliardi di bocche. Un numero infinito di animali marini hanno bisogno di introdurre l'acqua nel loro corpo, per appropriarsene i sali, quindi di espellerla, quando ne sia spogliata. Figurano così come altrettante trombe, che alternatamente trombano e rigettano, imprimendo all'acqua un movimento affatto meccanico. Per comprendere quanto debba essere attiva e incessante questa manovra, si calcoli l'enorme quantità di acqua che deve introdurre ed espellere un animale, per fabbricarsi lo scheletro a furia di atomi salini. Il signor Bischof si è provato ad eseguire alcuni dei calcoli di questo genere. Paragonando, per esempio, il peso delle parti molli di dieci ostriche, con quello del guscio rispettivo, trovò che le parti molli stanno alle parti solide o lapidee come 1 a 2.78, e fin come 1 a 7.57. Il guscio d'una ostrica pesa cioè su per giù da due a sette volte all'incirca più delle parti molli. Ritenuto che l'acqua del mare non contenga in media che $^1/_{10000}$ di carbonato di calce, un'ostrica, per fabbricarsi il guscio, ha bisogno di spogliarne da 345 a 587 libbre, cioè da 5.2 a 8.9 piedi cubici. Quell'ostrica pertanto ha dovuto alternatamente ingoiare e rigettare una quantità di acqua pari a 27760, e fino a 75714 volte il proprio peso. Che immenso lavoro meccanico eseguito da una sola ostrica! E ancora non basta, poichè non è detto che l'ostrica si assimili ad ogni inspirazione tutto il calcare dell'acqua inspirata. Dunque è probabile che, non migliaia, ma milioni di volte sia costretta ad eseguire l'operazione per fabbricarsi quel povero guscio. Ma gli *infinitamente piccoli*, gli invisibili infusori, sono in proporzione assai più potenti delle ostriche, e delle conchiglie in generale.

Lo stesso Bischof ci assicura che gl'infusori silicei, per fabbricarsi il guscio, devono introdurre nel loro corpicino tanta quantità di acqua in proporzione della loro mole, quanta ne ingollerebbe un uomo che ne bevesse un piede cubico ad ogni minuto secondo.

31. Ma questo scambio universale delle acque dalla superficie al fondo, e viceversa, ancora non basta. Gettando uno sguardo sul planisfero, ci appare bentosto quanto le rispettive condizioni geografiche e fisiche dei due emisferi siano differenti. Com'è possibile che si mantenga, e si sia mantenuta da tante migliaia d'anni, l'identica dosatura delle acque nell'uno e nell'altro emisfero, quando quelle dell'uno e dell'altro non si mescolassero insieme incessantemente, quando cioè non ci fosse un sistema di circolazione che leghi l'uno coll'altro emisfero? Quando la scienza non fosse ancora giunta ad accertare esperimentalmente un tale sistema di circolazione, che meriterebbe, con assai maggior rigore di termini, l'epiteto di universale, essa sarebbe dal fatto dell'ugual dosatura delle acque, tanto a nord quanto a sud dell'equatore, costretta ugualmente ad ammetterlo.

Volendo dimostrare *a priori* questo sistema di scambio continuo delle acque tra i due emisferi a nord e a sud dell'equatore, basterebbe ammettere (e per forza il dobbiamo) la necessità assoluta che le acque siano e si mantengano, sempre e dovunque, fornite di quella quantità di elementi assimilabili, la quale è condizione imperscrittibile della sussistenza degli animali marini. Ma appunto perchè questa quantità si mantenga, è necessario uno scambio di acque continuo tra i due emisferi.

Per rendere la cosa evidente, basterà che noi portiamo la nostra attenzione anche sopra un solo di quegli elementi che sono necessari alla vita degli animali marini. Prendiamo quello di cui tutti i testacei marini, i molluschi, gli echinodermi, i zoofiti, infiniti di numero e di specie, stanziati o fissi sul fondo del mare, fanno consumo maggiore. È questo il *carbonato di calce*, di cui si compone appunto, per la massima parte, lo scheletro, cioè il guscio per le conchiglie, il corallo pei zoofiti, ecc. S'immagini quanto sia enorme e rapido il consumo del predetto sale, quello che si trova in minor quantità tra i sali delle acque marine, e di cui pure sono formati e devono formarsi, per citare un solo esempio molto parlante, quei banchi e quelle isole di corallo, che rappresentano tali moli viventi

Digitized by Google

sul fondo del mare, da pareggiare la mole dei maggiori continenti.

Ho dimostrato ampiamente nel mio *Corso di geologia*, e nell'opera *Acqua ed aria*, come, ammessa qualunque ipotesi sull'origine primitiva della salsedine marina, i sali che la costituiscono non possono attualmente, e non potevano da un'infinità di secoli, cioè fin dai primordî dell'animalizzazione dei mari, essere riforniti che dai continenti, mediante la lavatura continua dei continenti stessi. Ma le acque pluviali, riversandosi sui continenti, sciolgono appunto i diversi sali sparsi sulla superficie o in seno ai continenti stessi, portandone continuamente una nuova dose al mare per la via dei fiumi. Si osserva che il sale più abbondante che i fiumi riportano al mare è appunto quel carbonato di calce, o sale calcareo, di cui abbiam detto che gli animali marini fanno maggior consumo.

32. Ora, lasciando da parte che dovunque nei mari un numero infinito di animali secretori stanno pendenti tra la vita e la morte, in attesa d'un sussidio di sali calcarei, volgiamo uno sguardo soltanto a quella vastissima zona di mari, tutta distesa tra il 28° di latitudine sud e il 28° di latitudine nord, che potrebbe definirsi come una città sconfinata, abitata da un numero infinito di consumatori dei sali suddetti, edificata lontano quanto può esserlo dal luogo di produzione. È questa appunto la zona corallina, abitata da quelle specie sociali di zoofiti, edificatori coi loro stessi corpi di quei banchi calcarei che emulano la mole dei continenti. I limiti della zona corallina coincidono su per giù colle due linee isotermiche, a nord e a sud dell'equatore, corrispondenti ad una media temperatura di 20° centigradi (1). L'oceano Pacifico, quello ove più abbondano i coralli, conta 190 isole coralline (oltre i banchi che circondano le isole rocciose) distribuite in arcipelaghi di 20, 40 e fin 80 isole di corallo, come sono quelli di Paumotu, Tahiti, Samoa, Nuova Caledonia, ecc. Nell'oceano Indiano le Maldive e le Laccadive costituiscono la formazione corallina più potente del globo. Abbondano di coralli le Indie orientali e occidentali, le coste orientali dell'Africa, ecc. Quanto alla potenza, cioè alla massa di quelle moli, relativamente recenti, cioè tutte fabbricate, mediante la secrezione dei sali calcarei, in uno spazio di tempo che non può superare certamente alcune decine di secoli, basti il

(1) Vedi in proposito a pag. 269 di quest'opera.

dire, per esempio, che la barriera di banchi di corallo, la quale corre parallela alle coste orientali dell'Australia, ha una lunghezza di oltre 2000 chilometri, sopra 59 di larghezza, quindi un' approssimativa estensione superficiale di 120,000 chilometri quadrati. Il solo arcipelago Pericoloso nell'oceano Pacifico misurerebbe 2200 chilometri di lunghezza su 700 di larghezza: il che vuol dire che i banchi di corallo, che spuntano soltanto quà e là in forme di isole coralline, occupano realmente sul fondo marino un'area di 1500000 chilometri quadrati all'incirca. Per finirla, si è calcolato che i banchi di corallo nella Polinesia e nel mar delle Indie occupano un' estensione pari alla totalità del continente asiatico. Quanto alla grossezza di quei banchi non si può portare a meno di 50 a 100 metri.

33. Si osservi ora, coll'occhio sul Planisfero, come le più grandi regioni coralline sono collocate in genere alla maggior possibile lontananza da quelle terre e da quelle foci dei fiumi, da cui attendono i sali per formarsi. Ma c' è di più. Ammesso il principio che i sali vengano dalle terre per mezzo dei fiumi, bisogna anche ammettere che la zona corallina non potrebbe sussistere, se non ci fosse scambio di acque tra i due emisferi a nord e a sud dell'equatore. Dove esistono infatti le grandi masse continentali, e quindi i grandi fiumi, destinati a fornire i sali agli animali marini ? La risposta è già data: nell'emisfero boreale. Nell' australe relativamente pochissimi l' estensione delle terre e il numero dei fiumi. Questi anzi, anche fatte le debite proporzioni tra le terre boreali ed australi, scarseggiano in quest' ultime. È dunque impossibile che le terre e i fiumi dell' emisfero australe possano mantenere dosate di una conveniente quantità di sale l' immensità delle acque che ricoprono per la maggior parte l'emisfero stesso, e devono dare alimento alla massima parte degli animali secretori. Fosse anche possibile, si verificherebbe sempre una tale sproporzione nella salsedine delle acque tra i due emisferi; cioè un tale eccesso nei piccoli mari a nord, e un tale difetto nei grandi oceani a sud dell'equatore, che sono in assoluta contraddizione con quel fatto significantissimo dell'uguaglianza della salsedine marina tra i due emisferi, fatto che sarebbe per la scienza un problema insolubile, fino al giorno in cui non si ammettesse lo scambio delle acque tra i due emisferi.

L'esistenza di questo scambio ci è dunque imposta a credere dalla inoppugnabile logica

Digitized by Google

dei fatti. Basta del resto por mente alla distribuzione delle terre e dei mari, in ciò che ha di più complesso e di più grandioso, per vedere come tutto si riduce veramente ad un grande apparato, costrutto perchè questo scambio si operi. L' apparato in discorso si compone, come ho esposto nella mia opera *Acqua ed Aria*, di quattro pezzi.

1.° Una caldaia, ossia un generatore di vapori acquei, costituito principalmente dagli oceani, che formano un solo grande oceano nell'emisfero australe.

2.° Un conduttore. — L'atmosfera.

3.° Un condensatore. — I continenti a nord dell'equatore.

4.° Un canale, che ritorna alla caldaia il prodotto della sua evaporazione. — L'Atlantico.

Se osserviamo anzitutto la disposizione del condensatore, ossia il complesso dei continenti che dalla zona equatoriale si spinge, sempre più dilatandosi, verso il polo artico, troviamo che la disposizione dei massimi versanti è tale che le pioggie si raccolgono, per la massima parte quasi entro un imbuto, formato dai continenti medesimi, tutto internamente ripiegato e ramificato, ma tale pur sempre che tutte le acque siano condotte all' Atlantico, cioè al grande canale, destinato a ricondurle agli oceani. Non mi diffondo in dimostrazioni, bastando richiamare ciò che si è dimostrato nel paragrafo precedente; essere cioè l' Atlantico un gran fiume, di cui sono confluenti quasi tutti i fiumi del mondo, e i massimi tra questi.

34. Fin qui tuttavia non si sarebbe riusciti che a dimostrare la necessità di un afflusso continuo di acque dall'emisfero boreale all'australe, principalmente per mezzo dell' Atlantico. Siccome abbiamo già ammesso che il corrispondente riflusso dall'australe al boreale si opera per via dell'atmosfera ed in vapori, non si vedrebbe punto la necessità di un riflusso diretto, cioè di uno scambio di acque tra i mari australi e boreali. Ma questa necessità non si vedrà infatti così facilmente finchè si badi soltanto, come abbiam fatto fin qui, a quell'unico dei sali delle acque marine, che è tra tutti il meno abbondante, cioè al carbonato di calce. Ma se parliamo di altri sali, la cosa cambia subito d'aspetto, e la necessità dell' indicato scambio appare evidentissima: ed ecco perchè!

Non si può negare anzitutto che le acque, pioventi nell'emisfero settentrionale, non vengano quasi per intero a riversarsi, per mezzo dell'oceano Atlantico, nella grande caldaia dell'emisfero meridionale, coi sali convogliati dai continenti per mezzo dei fiumi. Ma, qui giunte, le acque svaporano, e i sali restano. Sia pure eliminato l'eccesso dei sali calcarei e degli altri assimilabili, per mezzo dei coralli e dell'infinito numero dei testacei marini. Ma gli altri sali, non assimilabili, come il cloruro di sodio o sal marino e i così detti sali delle acque madri, restano sciolti nelle acque e devono accrescerne indefinitamente la salsedine. Avremo dunque (negato lo scambio diretto delle acque tra i due emisferi) un oceano d' acqua dolce a nord, e un oceano d'acqua salata in eccesso a sud. Si verificherà per lo meno per l'oceano Atlantico a nord dell' equatore, in confronto degli oceani a sud del medesimo equatore, quello che si verifica pel mar Baltico in confronto del mar del Nord, presentando il primo una quantità di sali pari a circa 17 per mille e pari a circa 32 per mille il secondo.

Questo avverrebbe certamente, se l'oceano a sud rimanesse stagnante o circolasse unicamente entro sè stesso. Ma, appunto perchè l'uguale dosatura dei sali degli oceani a nord e a sud dell'equatore, salvo minime differenze, è un fatto stabilito, siamo obbligati ad ammettere, come già per l'oceano a nord dell'equatore, che l'oceano a sud non stagna, non circola solamente in sè stesso, ma esce dai confini del suo emisfero e si scambia e rimescola coll'oceano dell'altro emisfero; siamo obbligati insomma ad ammettere che esiste una circolazione marina fra emisfero ed emisfero, fra i grandi oceani australi e i boreali, principalmente l'Atlantico.

Bisognerebbe ora vedere se questo scambio di acque da sud a nord, dimostrato in base alla logica necessità di certi fatti, si può anche dimostrarsi esperimentalmente per via di altri fatti.

35. Osservo anzitutto esservi un sistema di correnti marine, da noi già considerato, che consiste, in parte maggiore o minore, in un vero riversamento negli oceani meridionali e settentrionali. — Ciascuno intende che io parlo delle maree, secondo che le abbiamo dimostrate, parmi con certa evidenza, dipendere appunto in parte da un afflusso di acque dall'emisfero settentrionale nel meridionale. Se la cosa è vera, le maree attiverebbero già un gran sistema di risciacquamento, indicatissimo per ottenere quell'eguaglianza di dosatura delle acque, che sembra lo scopo principale di tutto il sistema della circolazione marina.

36. Io credo però che la corrente del Golfo sia ancora l'ordigno principale per la circo-

Digitized by Google

lazione fra i due emisferi e precisamente pel rinvio dalle acque dall' emisfero australe al boreale. La gran corrente atlantica, salata in eccesso, come tutti sanno, sarebbe principalmente una corrente di ritorno, destinata a versare l'eccesso dei sali dai mari a sud dell'equatore nei mari formanti il gran sistema atlantico a nord di esso. È cosa infatti molto singolare codesta che la corrente atlantica, nominatamente quel gran tronco di essa che si chiama *Gulf-Stream* che travolge in sè stessa quasi i tre quarti della superficie dell'Atlantico a nord dell'equatore, sia salata in eccesso. Che? non abbiam forse detto che l' Atlantico raccoglie lo scolo dei quattro continenti? Prego il lettore a ricordarselo. Si può dire che, ad eccezione di quelli che dalle coste meridionali dell'Asia fluiscono verso l'Oceano Indiano, tutti i fiumi del mondo si versano in questa, piuttosto valle che oceano, che noi chiamiamo Atlantico. Non crederei che andrebbe molto lungi dal vero chi dicesse che le acque fluenti sull'intera superficie del pianeta per metà si raccolgono nell' Atlantico. Come mai adunque può essere questo oceano salato in eccesso? Perchè non sarebbe invece, in confronto degli altri oceani, piuttosto salmastro che salato, come lo sono infatti i seni più interni di esso e i più avanzati verso il polo, cioè l' oceano Glaciale, il Baltico, il mar d'Azof, quelli insomma in cui si scaricano immediatamente i grandi fiumi dell' emisfero boreale? Si dirà, non ne dubito, che una tale ricchezza, anzi eccesso di salsedine, deve attribuirsi all'evaporazione. Ma non svaporano egualmente gli oceani a sud dell' equatore, compresi fra questi il Sud-Atlantico? Fate quel che volete, ma vi dovrà esser sempre una gran differenza di quantità di salsedine tra gli sconfinati oceani a sud, i quali non fanno quasi altro che svaporare a guisa d'immense saline, e questo piccolo Nord-Atlantico, ove tanti fiumi s'ingolfano, che ben potrebbe chiamarsi la fogna del mondo. L' ammettere adunque lo scambio delle acque tra l'emisfero boreale e l' australe, specialmente per mezzo dell'Atlantico, mi sembra una vera necessità. Le acque australi, sempre tendenti a salarsi in eccesso, si riverserebbero di continuo nell'Atlantico come corrente superiore, formando appunto la corrente atlantica, conosciuta sotto il doppio nome di *corrente Equatoriale* e di *corrente del Golfo*, mentre di continuo le acque dolci vi ritornano, per la stessa via del l'Atlantico, ma naturalmente come corrente inferiore. Questa è la mia idea. Non vi sarebbe però qualche prova di fatto a sostegno di una tesi così ardita?

37. La prova c' è appunto in un bel fatto positivo, il quale attesta che vi ha realmente un movimento di acque dai mari australi ai boreali; movimento che ha luogo alla superficie ed è riferibile pertanto al gran sistema della corrente atlantica. Si ricorderà il lettore che i naviganti, i quali intraprendono lunghi viaggi, hanno per costume di gettare di tratto in tratto delle bottiglie in mare, contenenti degli scritti, a cui confidano la notizia delle loro imprese. La data e il punto dove si trova la nave che consegna al mare il fortunoso e troppo mal fido messaggiero, sono naturalmente le prime cifre che si leggono su quelle lettere natanti. Beechey imprese, come già dissi, a delineare una carta itineraria di molte di quelle bottiglie, capitate per avventura a mano di chi seppe tenerne conto. Uno dei risultati di tale studio è questo: che le bottiglie, gettate in mare anche in latitudini molto avanzate a sud dell'equatore, si raccolgono a nord, lungo la corrente del Golfo. Maury precisa un fatto meraviglioso, che parla altamente in favore della tesi che noi sosteniamo. Una bottiglia, lanciata da un capitano americano nel 1837 presso il capo Horn, fu poi raccolta in Irlanda. — Che vuol dir ciò? — Vuol dire che quella bottiglia dovette navigare da sè dal capo Horn fino all'equatore; attraversatolo, trovossi abbandonata alla corrente equatoriale che le fece girare il golfo del Messico, donde uscì per lo stretto della Florida e portossi, seguendo la corrente del Golfo, in Irlanda. Non sono fatti codesti? Conchiudo adunque un'ultima volta che vi deve essere un afflusso di acque dall'oceano Antartico ai mari artici per via dell'Atlantico.

Altri argomenti, dedotti dallo studio comparativo della salsedine dei diversi oceani, li ho riportati nella mia opera *Acqua ed Aria*, a cui rimando il lettore per amore di brevità. Mi pare però d'aver detto quanto basti a dimostrare l'esistenza di uno scambio e d'una circolazione veramente universale delle acque, per cui tutto l'oceano si rimuta, movendosi continuamente fuori di sè stesso, per mezzo delle correnti atmosferiche, cariche di vapori, destinati a convertirsi in acqua, che ritorna al mare per la via dei fiumi, e dentro sè stesso, per mezzo delle correnti marine. Non credo, del resto, nè che la scienza possa ancora rendersi conto esatto di questo complicatissimo fenomeno della circolazione

Digitized by Google

marina, nè di aver riferito tutto quanto la scienza già riconosce. Vi sono ragioni fisiche, fisiologiche, chimiche ed idrauliche, le quali producono delle risultanti troppo difficili a scoprirsi e precisarsi. Sappiamo che il regime delle correnti marine è, come quello dei fiumi, influenzato dai minimi accidenti di configurazione delle coste e del fondo che ne costituiscono il letto. Dobbiamo infine confessare che, assai più di quello che si conosce, è ciò che s'ignora, e, per rapporto a certi fenomeni troppo grandiosi e complicati, siamo costretti piuttosto a intravvedere che vedere.

VIII. — Correnti mediterranee o di relazione tra i mari comunicanti.

38. È indubitato che i mari interni, ossia i piccoli mari, come sono naturalmente soggetti alle stesse leggi ed all'influsso degli stessi agenti, così devono presentare gli stessi fenomeni degli oceani. Onde e frangenti, flusso e riflusso, correnti superiori e correnti inferiori, circolazione e scambio di acque, insomma tutti i movimenti che stancano questi, devono affaticare anche quelli. Differenza non ci può essere che del più e del meno. Se parliamo di quel massimo tra i mari interni, che si chiama Mediterraneo, quasi si dicesse mediterraneo per eccellenza, è qui che gli antichi appresero a sfidare il furore delle tempeste; più tardi a misurare i palpiti del mare, in segreta corrispondenza colla divinità della notte. Quanto alle correnti marine propriamente dette, pare che gli antichi se ne siano accorti; ma poco ne scrissero anche i moderni. È questo, se mal non m'appongo, un campo pressocchè inesplorato.

Richiamando quanto mi fu possibile di raccogliere circa l'esistenza di correnti mediterranee, trovo che già da secoli era notata l'esistenza d'una corrente molto sensibile, che percorre le coste Africane delle Sirti (1), ossia della Tunisia e della Tripolitania. Da persona assai pratica dei luoghi venni assicurato che, tra i molti oggetti rigettati dal mare, di cui quelle spiagge sono dovunque seminate o coperte, si distinguono in numero stragrande le doghe già lavorate, quali si mettono in commercio per la fabbricazione delle botti. Ce n'ha, mi diceva, da formarne smisurate cataste. — Quale può essere l'origine di quello strano accomulamento? — La stessa molto istrutta persona mi faceva osservare operarsi da tempo immemorabile un gran commercio d'esportazione di doghe dai porti della Dalmazia, destinate principalmente alle provincie più vinifere della Francia meridionale. Si pensi quanti naufragi hanno dovuto aver luogo in tanti anni sulle coste famosamente tempestose dell' Adriatico, e per conseguenza quanti carichi di doghe devono esser stati preda delle onde. Tanta copia di doghe affermerebbe adunque l'esistenza d'una corrente dall'Adriatico, attraverso il mare Jonico, verso le Sirti. Non mi pare improbabile che la corrente delle Sirti sia in corrispondenza con quella, pure abbastanza nota, che percorre le coste meridionali del mare Libico, rasentando l' Egitto e le foci del Nilo, da cui riceve quella torbida di fanghi e di sabbie finissime che viene trasportata dalla corrente stessa verso l'istmo di Suez. Ho potuto verificare io stesso il rapido interrimento che si produce all'imbocco del famoso Canale. È questa indubbiamente la principale ragione del poco o quasi nessun avanzamento che dai tempi storici ha presentato il delta del Nilo, mentre fu tanto considerevole quello del delta del Po, del Rodano e degli altri fiumi che mettono foce nel Mediterraneo. Ci sarebbero già quindi elementi per avvalorare l'ipotesi, che mi sembra sostenibile a priori, di una specie di *Gulf-Stream*, cioè d'una circolazione del gran bacino orientale del Mediterraneo, la quale dovrebbe aver per limiti ad ovest la barriera interrotta, formata dall'Italia meridionale, Sicilia e Tunisia, che separa il bacino orientale dal bacino occidentale del Mediterraneo; ad est le coste unite della Siria. Non ho trovato però nessun libro che s'occupasse in modo speciale di questo argomento.

39. Assai meglio studiato è invece il tanto grandioso quanto molteplice fenomeno delle correnti di relazione tra i mari comunicanti, cioè tra i mari interni e gli oceani, e dei singoli bacini degli stessi mari interni tra loro. Queste correnti di relazione o di scambio si notano principalmente in Europa, per la semplice ragione che questo continente si distingue dagli altri pel frastagliamento veramente eccezionale delle sue coste, il quale dà luogo, oltre che al Mediterraneo, ad altri mari interni, comunicanti coll'oceano Atlantico; per es., al Baltico e al mare del Nord, ed a bacini secondarî, come il mar Nero e il mare d'Azof. Vediamo le ragioni di queste correnti.

È impossibile anzitutto che nei singoli ba-

(1) *Gran Sirte*, o golfo di Sidra; *Piccola Sirte* o golfo di Cabes.

Digitized by Google

cini comunicanti, come negli oceani a cui mettono capo, si verifichi la stessa quantità giornaliera ed annuale d'evaporazione. Nol consentono la diversa latitudine, il diverso clima più o meno caldo o più o meno asciutto, e tutte le altre condizioni influenti sulla meteorologia, che variano per ciascun mare. Questa differenza nella quantità dei vapori che, proporzionalmente alla grandezza della sua superficie, può tributare ciascun mare all'atmosfera, dovrebbe bastare a determinare un continuo moto di relazione o di scambio d'acqua tra i mari comunicanti, nel senso che l'abbassamento di livello nel mare soggetto ad una quantità d'evaporazione maggiore, provocherebbe un continuo proporzionale afflusso di acque dal mare meno vaporifero, col quale si trovasse in comunicazione direttissima.

Ma il fenomeno dell'evaporazione, considerato come causa di slivello, si lega ad un altro, che opera nello stesso senso, ma il cui effetto negativo o positivo è molto più apprezzabile e significante. Parlo del fenomeno opposto della concentrazione dei vapori, ossia della formazione delle acque pluviali entro l'intero recipiente idrografico, di cui ciascun mare non rappresenta che una parte, mentre è destinato a riceverne tutte le acque che ne discendono per la via dei fiumi. L'effetto positivo sarà un rialzamento di livello pel mare che riceve maggior quantità di acqua, mentre per l'altro, che ne riceve meno, ci sarà un effetto negativo di abbassamento. La conseguenza sarebbe ancora un afflusso di acque dal bacino più piovoso al meno piovoso, quindi un moto continuo di relazione o di continuo scambio tra i mari comunicanti. Per rilevare l'effetto reale, positivo o negativo, prodotto per ogni copia di mari comunicanti in causa dei due fenomeni opposti della evaporazione e della concentrazione, bisognerà poi vedere se le parti attribuibili a ciascuno si sommano, ovvero si elidono, risultando una prevalenza piuttosto in uno che in altro senso, come si farebbe, quando si trattasse di due laghi d'acqua dolce, in comunicazione tra loro, ma soggetti ad un afflusso maggiore o minore di acque pluviali.

Ma qui bisogna notare un terzo effetto, ugualmente positivo o negativo, di cui sono causa le acque pluviali che si riversano in ciascun mare; effetto che si trova in opposizione, e perciò si bilancia, con quello positivamente o negativamente prodotto dall'evaporazione. Dovendosi considerare ciascun mare da una parte come un bacino d'acque salate

in cui si riversano acque dolci, dall'altra come un bacino di acque salate che svaporano, avverrà questo necessariamente che, dove la concentrazione dei vapori e quindi l'immissione delle acque dolci prevale, le acque del bacino si raddolciranno, diventando per conseguenza più leggere. Se invece è l'evaporazione quella che prevale, le acque del bacino diventeranno più salate, facendosi per conseguenza più dense e pesanti. Nuova ragione d'un mutuo continuo scambio di acque tra i mari comunicanti. Facendo una sintesi dopo quest'analisi di cause e d'effetti, calcolando la parte che tocca a ciascuno, verremo naturalmente a trovare la ragione per cui tra due mari comunicanti lo scambio delle acque si verifichi in un senso piuttosto che nell'altro, in uno piuttosto che in altro modo. La pratica però ci insegna che le ragioni del continuo dislivello si risolvono praticamente in una sola, cioè nella differenza che si verifica per ciascun mare tra la quantità di concentrazione in confronto colla quantità d'evaporazione. Quanto al movimento delle acque da uno ad altro mare, in un senso o nell'altro, in questo o in quel modo, tutto dipende, in ultimo risultato, dalla diversa densità quindi leggerezza delle acque nei diversi bacini.

Abbiamo veduto essere questa appunto la ragione principale della circolazione degli oceani. Applicando infatti quelle stesse leggi idrauliche, da cui abbiamo già veduto dipendere lo scambio delle acque negli oceani per mezzo di un doppio sistema di correnti inferiori e superiori, troveremo facilmente come allo stesso modo deve operarsi uno scambio tra due mari comunicanti; avremo cioè necessariamente in ciascun caso tra i due mari comunicanti uno scambio d'acque, per mezzo di due correnti, l'una superiore, formata dalle acque più dolci, che fluiscono verso il bacino delle acque più salse; l'altra inferiore, formata dalle acque più salse, che si scaricano nel bacino delle acque più dolci. I molti fatti verificati si accordano perfettamente con questa teorica. Ci limiteremo ad accennare i principali e i più accertati, che riguardano le correnti di relazione tra il Baltico e il mare del Nord, il Mediterraneo e l'oceano Atlantico, il mar Nero e il Mediterraneo, il mar Rosso e l'oceano Indiano.

40. Il mar Baltico è un piccolissimo mare, ma serve di fogna ad una porzione estesissima dell'antico continente. Ad esso confluiscono i fiumi della Svezia, della Lapponia, della Finlandia, della Polonia: molti fra questi sono

Digitized by Google

fiumi imponenti; l'Oder, la Vistola, il Niemen, la Duna, la Neva, ecc. Tanta copia di acque dolci non può essere senza effetto. Il mar Baltico infatti è un mare addolcito, mentre la quantità dei sali che esso contiene non arriva che a 1.77 per cento. Un po' che si tiri innanzi per questa via, dovrebbe diventare un lago di acqua dolce; e lo diventerà infatti, se il Kattegat si andrà ostruendo, progressivamente, come fa pei detriti che le correnti vi arrecano dai continenti, troncando ogni comunicazione tra esso ed il mare del Nord. Il suo attuale raddolcimento, e la futura sua conversione in lago d'acqua dolce non sono che l'esito necessario di un processo incoato da secoli. I celebri *Kiökkenmoddings*, cioè quei cumuli immensi formati cogli avanzi dei pasti delle popolazioni preistoriche dell'*epoca della pietra*, sparsi all'ingiro del Kattegat e del mar Baltico, indicano che la vita marina prosperava in quel mare assai più che al presente; il che vuol dire che le acque vi erano allora più salate che oggi non siano. Le conchiglie mangereccie, come il *Mitylus edulis*, il *Cardium edule*, e l'ostrica comune vi prosperavano assai, attingendovi riguardevoli dimensioni. L'ostrica se n'è ormai dileguata, e le altre due specie vi appajono rade, piccole, intristite. Tuttavia il processo del raddolcimento del mar Baltico, calcolata la lontananza dei tempi preistorici, si svolge assai più lentamente che non dovrebbe attendersi da tanto numero di fiumi che vi mettono foce. La ragione di tale lentezza sta in ciò che lo stretto nel Sund, tra la Scandinavia e la Danimarca, è abbastanza largo e profondo per permettere lo scambio delle acque tra il bacino intercluso e l'oceano, ossia tra il Baltico e il mare del Nord; e questo avviene appunto nel modo indicato, quando paragonammo la zona equatoriale dell'oceano Atlantico e la zona settentrionale, cioè due mari comunicanti, a due vasi comunicanti, l'uno dei quali sia ripieno di un liquido meno denso di quello che l'altro contiene. Il mar Baltico, nel paragone introdotto, sta pel vaso ripieno di olio, mentre l'acqua è tanto più leggiera quanto è più dolce: il mare del Nord, fornito di un'acqua più salsa e quindi più pesante, figura il vaso ripieno d'acqua. Il mar Baltico dovrà dunque fluire verso il mar del Nord, passando lo stretto del Sund, come corrente superiore, diretta da sud a nord; il mare del Nord dovrà precipitarsi, come corrente inferiore, diretta da nord a sud, attraverso lo stretto, sotto il mar Baltico (1). Queste due correnti, una superiore l'altra inferiore, esistono difatti nello stretto del Sund.

Si narra che un vapore fu investito da un altro avanti Helsingör, cioè all'imbocco ovest dello stretto del Sund. L'investito fu sì pronto a sommergersi, che l'equipaggio fu salvato a stento. A mare tranquillo un palombaro si provò di calarsi sul fondo per pescare gli effetti dei naufraghi, ma invano. Una forte corrente, diretta da nord a sud, cioè dal mare del Nord al mar Baltico, gl'impediva di tenersi saldo, rendendo vano ogni suo sforzo (2). La corrente inferiore si fa sentire del resto fino a Copenhagen. La corrente superiore poi non è che un fatto visibile a tutti, mentre esso è molto sensibile alla superficie del Sund per la maggior parte dell'anno (3).

Le navi che passano lo stretto servono del resto a mettere nella sua piena luce l'esistenza delle due correnti. I legni pesanti infatti, che pescano molto, navigando dal mare del Nord verso il Baltico, vincono assai bene la corrente superiore, ed anche il vento contrario che spiri per avventura da mezzodì, mentre le barche leggiere, che pescano poco, ci si provano invano. Come si spiega questo strano fenomeno? Assai facilmente, quando si badi che le navi, le quali pescano molto, immergono la loro carena nella corrente inferiore, la quale, movendosi in senso contrario alla superiore, le aiuta a vincerla. I legni leggieri invece, pescando poco, non godono di questo favore e rimangono esposti irreparabilmente alla violenza della corrente superiore.

41. Il Mediterraneo comunica coll'oceano mediante lo stretto, relativamente molto angusto, di Gibilterra. Benchè questo mare interno serva di fogna a tre continenti, stante

(1) Sarà necessario che il lettore, mentre legge questo capitolo, si tenga sott'occhio il suo *atlante geografico*. Qui poi osservi, per non equivocare, che il mare del Nord trovasi ad ovest per rispetto al mar Baltico, ma che lo stretto del Sund, che mette in comunicazione i due mari, è orientato precisamente da nord a sud.

(2) Bischof. *Lehrb.* pag. 579.

(3) Non sempre la corrente superiore va dal Baltico al mare del Nord, verificandosi talvolta il caso contrario. Le tempeste che vengono da nord devono naturalmente accumulare le acque di quel mare verso lo stretto, sicchè talvolta la corrente superiore che suole uscire dal Baltico si trovi elisa, od anche vinta dalla corrente superiore contraria, prodotta temporaneamente dal suddetto accumulamento. Ne nascerà nel primo caso la calma; nel secondo avrà luogo una corrente superficiale da nord a sud. Prosilius comandante di un vascello, trovò nel 1846 che, in 134 giorni, per 86 la corrente superiore scorreva dal Baltico al Mare del Nord, con una salsedine di 1.18 p. %; e per 24 giorni c'era calma, con una salsedine di 1.33 p. % (Bischof. *Lehrb.*, I pag. 457).

Digitized by Google

l'enorme vastità della sua superficie, la sua evaporazione è tale che, a calcoli fatti, raggiunge il triplo della concentrazione. Il mare Mediterraneo dovrà dunque abbassarsi di livello e fare appello per ciò alle acque dell'Atlantico, il quale deve necessariamente invadere lo stretto e accorrere continuamente a riparare la perdita continua del bacino intercluso. È noto a tutti che una corrente marina superficiale entra dall'Atlantico nel Mediterraneo attraverso lo stretto di Gibilterra. In circostanze favorevoli la corrente si fa così robusta, che le navi a vela non ne sostengono l'urto. Nel 1855, per esempio, molte navi, che erano in viaggio per l'Atlantico, fur viste a riparo fuori dello stretto attendere per tre mesi che la corrente permettesse loro di riprendere il viaggio. Siccome l'acqua molto salsa dell' oceano entra continuamente nel Mediterraneo, per compensarne la rapida evaporazione, il Mediterraneo stesso dovrebbe continuamente arricchirsi di sali in confronto dell'oceano Atlantico.

Eccoci dunque i due vasi dell'olio e dell'acqua, come pel mar Baltico, ma invertiti. Il mare intercluso, cioè il Mediterraneo, è il vaso dell'acqua; l'oceano Atlantico, è il vaso dell'olio. Una corrente inferiore dovrà versarsi dal primo nel secondo, e una corrente superiore supplirla, versandosi dal secondo nel primo. Per giustificare il primo asserto basterebbero le analisi, che portano la salsedine dell'Atlantico al 3.39 per cento, e quella del Mediterraneo al 3.77 per cento. Ma qui non sta il tutto.

Si rifletta come l'acqua del Mediterraneo, mano mano che svapora alla superficie, diventa più densa, e deve per questo cadere al fondo e lasciar luogo all'acqua più leggiera. Dovendo le molecole di acqua distribuirsi verticalmente in quel gran recipiente secondo la rispettiva densità, necessariamente l'acqua sarà più pesante, quindi più salata, al fondo che alla superficie. Sarebbe difficile arguire quale possa essere la differenza in densità tra le regioni superficiali e le regioni più profonde. Per buona sorte abbiamo l'esperienza che supplisce all'induzione. Il capitano Smyth attinse l'acqua del Mediterraneo a diverse profondità tra 50 e 680 miglia inglesi da Gibilterra. I saggi fornirono la materia alle celebri analisi di Wollaston, i cui risultati sono espressi nello specchietto che vi pongo sott' occhio (1).

(1) Bischof, *Lehrb* II, pag. 40.

Prof. 2400 piedi	P. spc.	1.0295	Quant. di sali	3.99	°/°
» 2700 »	» »	1.0294	» »	4.05	»
» 4020 »	» »	1.2888	» »	17.3	»

La cifra di 1.1288, che esprime la densità, e quella di 17.3 per cento, che esprime la salsedine delle acque raccolte alla maggiore profondità nel Mediterraneo, sono così enormi, che i fisici, con tutto il rispetto alla valentia del chimico, non poterono indursi a non ritenerle come sospette. Intanto, se il fatto della maggior densità delle acque nelle regioni inferiori, è vero anche in proporzioni assai minori, deve verificarsi il secondo asserto, quello delle due correnti, intese continuamente a rimettere l'equilibrio tra i due gran vasi comunicanti. La corrente superiore, che entra nel Mediterraneo, esiste senz'altro, e ne abbiamo già detto abbastanza. Veniamo dunque a dimostrare l'esistenza di una corrente inferiore la quale deve, come ho detto, precipitarsi, e con gran impeto, dal Mediterraneo nell'Atlantico attraverso lo stretto, tanto più che questo è profondo abbastanza per lasciar luogo allo scambio di cento correnti.

L'episodio seguente è riportato dal Maury. Un marinaio, a bordo d'una fregata, trovandosi nella scialuppa, veniva trascinato velocemente lontano dalla nave verso est nel mezzo della corrente che entra dallo stretto di Gibilterra. Che fare in quel frangente per scongiurare il pericolo di trovarsi solo in balìa del mare? Gli vien in mente, in mezzo alla confusione, di dar di piglio ad una fune con annodato ad uno dei due capi un secchio per attinger acqua, come si suole nei bastimenti e di calarlo in mare con entro una palla di cannone. Il suo pensiero fu certamente quello che il secchio, reso così pesante e sommerso in acqua, dovesse opporre tale resistenza alla corrente da diminuire almeno la violenza colla quale la scialuppa ne era trascinata. Fatto sta che, calato il secchio ad una certa profondità, la scialuppa si arrestò. Ma il più curioso è questo che, lasciando calare il secchio ad una profondità maggiore, la scialuppa si vide tosto muoversi in senso contrario, cioè trascinata contro corrente, voglio dire verso ovest, in direzione della nave da cui s'era staccata. Qui c'era dunque una corrente sottomarina che scorreva nel senso contrario alla corrente superficiale, ed era abbastanza potente per vincerla. Il secchio che vi si era tuffato bastava a far l'effetto d'una barca di rimorchio. La corrente inferiore, che qui si rivela così evidente, non si trovava che alla

Digitized by Google

profondità di quattro o cinque braccia, e la sua velocità, minima superiormente (certo per l'attrito contro la corrente superiore), cresceva colla profondità. Maury riporta pure il fatto, narrato dal dottor Hudson, di un vascello olandese, che, attaccato e colato a fondo tra Tariffa e Tangeri, ritornò a galla alcuni giorni dopo, quattro leghe più a ovest del luogo in cui si era sommerso.

Conchiudendo, esiste adunque una circolazione tra il Mediterraneo e l'Atlantico, per mezzo di due correnti, l'una superiore, per cui le acque dell'oceano entrano continuamente nel Mediterraneo per rimettervi l'acqua che ne sorte per evaporazione, più quella che ne sorte come corrente inferiore; l'altra inferiore, questa appunto di cui parliamo, che scarica nell'oceano l'eccesso dei sali che è determinato dall'evaporazione nel Mediterraneo. Questa corrente inferiore dev'essere relativamente piccola, ma pesante e robusta, perchè molto carica di sali, e quindi in perfetta corrispondenza con quanto risulta dalle citate analisi di Wollaston.

42. I fenomeni descritti pel mar Baltico debbono verificarsi certamente pel mare d'Azof, il quale comunica col mar Nero, mediante il Bosforo Cimmerio, o stretto di Kertsch, mentre il mare di Azof ha una salsedine di 1.19 per cento, in confronto del mar Nero, che l'ha di 1.77 per cento. Devono inoltre verificarsi pel mar Nero stesso, colla sua salsedine di 1.77 per cento in confronto di quella del Mediterraneo, che vanta la cifra elevatissima di 3.77 per cento. Circa la relazione tra il mar d'Azof e il mar Nero, non mi fu dato di raccogliere finora nessun dato positivo. Quanto a quella tra il mar Nero e il Mediterraneo, è per lo meno accertata l'esistenza di una forte corrente superiore, discendente dal primo nel secondo, per la via del Bosforo. Potei infatti verificarla (senza alcun merito al certo) nel mio viaggio in Oriente durante l'autunno 1874. Partendo da Costantinopoli per rimontare il Bosforo, lungo la costa europea, si arriva presto dove il canale è più stretto, cioè alla punta detta di Arnautkein dai Turchi, e, dai Greci, Megarena, ossia *grande corrente*. Qui infatti il moto dell'onda disegna una corrente che discende, con impeto torrenziale, verso il mar di Marmara. Da molti giorni il mare era buonissimo; tuttavia la corrente che veniva da nord era assai forte, e, benchè i venti soffiassero da sud, leggieri kaiki (barchette d'uso comune in quei posti) faticavano assai a rimontarla. Il signor Antonio Rassol, capitano del Lloyd Austro-Ungarico a bordo del piroscafo *Austria*, uomo molto pratico di quelle acque, mi narrava che, quando soffiano i venti di nord, oltre la Megarena, molti altri fili di correnti visibilissime, nella stessa direzione, si determinano, tanto che il Bosforo sembra talora trasformarsi in un gran torrentaccio. Si parla in quei siti d'una controcorrente superficiale che rimonta il Bosforo dalla parte opposta e parallelamente alla Megarena. Ma, a quanto mi disse il sullodato Rassol, non è essa (nè può esserlo), propriamente parlando, una controcorrente, ma è la stessa Megarena che, alla punta di cui s'è parlato, forma una specie di vortice, ripiegandosi sopra sè stessa, sicchè ne risulta sulla sponda opposta una piccola corrente di ritorno verso nord, la quale è vinta bentosto e trascinata di nuovo verso sud dalla corrente principale. Una controcorrente ci dev'essere però nel Bosforo; ma questa inferiore per necessità fisica, altrimenti il mar Nero sarebbe presto tramutato in lago d'acqua dolce. Questa corrente, destinata a riportare continuamente una certa quantità d'acqua salata dal mar Egeo nel mar Nero, fu stabilita nello scorso secolo dal Marsigli e dimostrata recentemente, per vie di esperienze dirette dalla nave inglese Shearwater. Soltanto allora che infuriano i venti di sud, si manifesta superficialmente un leggiero afflusso delle acque verso il mar Nero.

43. Ultimo il mar Rosso viene a darci l'esempio d'un mare interno in comunicazione coll'oceano, dove l'evaporazione è enorme, e nulla la concentrazione. L'evaporazione vi è calcolata di 20 millimetri in 24 ore, quindi di 7 metri all'anno. L'acqua dell'oceano Indiano vi entra, come quella dell'Atlantico nel Mediterraneo, e ne svapora, senza compenso di acque provenienti da terre. Il condensamento delle acque deve essere rapidissimo in quel bacino, bollente sotto la vampa del tropico, e questo spiega come il mar Rosso sia un mar salato in eccesso. La sua salsedine cresce da Aden, dove è già di 39 per 1000, fino a Suez, dove è di 43 per 1000. Ma nel supposto che i sali non trovassero uno sfogo, non passerebbero 3000 anni, secondo i calcoli di Brist, che il mar Rosso sarebbe mutato in un banco di sale, di cui non sarebbe che una primizia il banco dei laghi Amari. Ma i tremila anni sono già passati, anche soltanto colla storia alla mano, e ne passarono forse trentamila . . . . . forse trecento mila prima della storia; e il mar Rosso non desta nes-

Digitized by Google

sun sospetto ne'suoi numerosi abitatori, e nessuno nemmeno si accorse che il suo grado di salsedine sia sensibilmente maggiore di quello degli altri mari. Noi non ce ne meraviglieremo ormai più. La profondità massima del mar Rosso è di circa 1200 metri; quindi lo stretto di Bab - El - Mandeb è certamente profondo quanto basta a permettere l' efflusso d' una corrente inferiore (lo sa Dio quanto densa e salata) che scarichi nell'oceano la quantità eccessiva del sale, che verrebbe diversamente a deporvisi. Tutto questo è certo, benchè, per sventura, semplicemente di certezza logica o induttiva, non avendo io potuto raccogliere nessun argomento di fatto che mi provi l'esistenza di questa corrente inferiore.

IX. — **Cicloni e trombe.**

44. I movimenti del mare, di cui abbiamo parlato fin qui, sono da considerarsi, per quanto soggetti a mutamenti ed intermittenze, come ordinarî e normali. Ci rimane dunque di dire qualche parola di quelli che devono invece ritenersi come straordinarî ed accidentali.

Appartengono a questa categoria quegli *uragani*, o *colpi di vento*, o *tifoni*, che, con termini scientifici recentemente introdotti, si chiamano *tempeste giranti* o *cicloni*. Lo studio di questi fenomeni in sè stessi e delle cause che li producono, più ancora la scoperta delle leggi invariabili che governano, per quanto apparentemente sfrenate, queste spaventose meteore, formano forse il vanto più incontestabile della meteorologia moderna, e si dovrà quindi parlarne nei seguenti capitoli, destinati all'esposizione di questa parte interessantissima della geografia fisica. Qui i cicloni compariscono semplicemente come motori straordinari del mare, e quindi si considerano soltanto nei loro effetti, che sono appunto certi movimenti affatto anormali, e d'una violenza veramente eccezionale, onde la produzione affatto temporanea di certe formidabili correnti, per cui l'oceano si avventa contro le coste, e, violando brutalmente i suoi ordinarî confini, dà luogo a quei rigurgiti, a quelle invasioni di mare che segnano a lunghi intervalli certe date spaventosamente luttuose nella storia fisica dell'India, delle Antille e del golfo del Messico.

45. Si ricorda una tempesta che, infuriando sulle coste dell'India, a Balasore tra Madras e Calcutta, spinse le onde sì dentro terra che il mare si levò all' altezza di 4 a 5 metri,

sopra un'estensione di 24 miriametri quadrati, coll'eccidio di 10,000 persone. I resti di un bastimento si raccolsero a 14 chilometri dal lido entro terra. Tali catastrofi, atte a cambiare in breve ora la faccia d' una regione, sembrano tutt'altro che infrequenti in quelle regioni, esposte all' impeto mostruoso dei cicloni. Nel 1864 quelle coste ne furono infestate due volte, coll'intervallo di pochi giorni. Il primo ciclone infierì a Calcutta nel mese di ottobre; il secondo desolò il Masulipatam il primo novembre (1). Il padre Tagliabue, missionario milanese alle Indie, che scampò prodigiosamente dall' eccidio, scrisse una descrizione di quell'uragano a Masulipatam troppo atta a darci un'idea terribile di quelle meteore.

Il pendio di quelle coste è così dolce, che l'elevazione di qualche metro dal mare basta ad internarlo parecchi chilometri. Effetto dei venti è appunto l'elevazione del livello delle acque, successivamente accumulate e quasi sospese da quella parte verso la quale il vento spira; e tale elevazione, essendo proporzionale alla violenza del vento, può servir di misura della violenza stessa.

Il ciclone cominciò a soffiare alle 4 pomeridiane, accompagnato da pioggia dirotta; crebbe col venir della sera, e durante la notte il mare traboccava in guisa sulla costa, che al Fort, località a un miglio e mezzo dal lido, l'acqua si alzò 21 piedi nella chiesa, posta in luogo alquanto elevato. Il mare si avanzava colla violenza di un torrente, e tutto era rovina. Solo alle due del mattino cominciò il vento a cedere, e l'acqua per conseguenza a decrescere. Per quattro giorni successivi durò tuttavia il rigurgito, in guisa che le communicazioni tra il Fort e Masulipatam rimasero interrotte, e il missionario non vi potè arrivare che il quarto giorno, camminando coll'acqua fino al petto. Il mare s'era internato 20 miglia, ma il vento estese assai più le sue rovine. Gli alberi sradicati, accatastati, le case quasi tutte distrutte. Si contavano nel Fort più di 3000 vittime, e 15,000 nella città di Masulipatam, oltre quelle che dovevano essere disperse nella campagna.

Un altro caso, forse più meraviglioso, di rigurgito marino si narra accaduto nel golfo del Messico. Il vento, infuriando a ritroso della grande corrente del Golfo, produsse una contro corrente. Il golfo ebbe un rialzo di 30 piedi

(1) Tanta vicinanza di date mi induce a sospettare che si trattasse dello stesso ciclone, che giungesse prima a Calcutta, poi a Masulipatam. Tra la prima località e la seconda ci corrono circa 500 miglia.

Digitized by Google

sicchè il bastimento *Lesbury-Snou*, riuscito a ripararsi, trovossi ancorato tra gli alberi di una foresta.

46. Cicloni in miniatura sono le cosiddette trombe di mare, che si fanno e rifanno, anche più volte al giorno, ed anche più insieme, specialmente nelle stagioni degli equinozî. Il mare delle Indie ne è il principale teatro.

Questi piccoli turbini, costituiti da una colonna d'aria girante, in forma di cono rovesciato col vertice nell'acqua, sono però dotate d'una forza terribile. Sollevano onde furiose; pompano l'acqua come trombe aspiranti, lanciandola a grandi getti all'ingiro a guisa d'un colossale inaffiatojo.

X. — **Maremoti.**

47. Il nome generico di *Maremoti* è adoperato per indicare certi movimenti locali, a cui va soggetto il mare indipendentemente dai venti e dalle tempeste, anzi moltissime volte perfettamente tranquillo.

Vi sono di tali moti od onde di mare, la cui origine è ancora circondata da mistero. Tali sono quelli che i Francesi chiamano *ras de marées;* onde formidabili, le quali, sorgendo come per incanto dalle profondità dell'oceano, risalgono rotolando la spiaggia, abbattendo quanto incontrano sul loro cammino. Tali quelle *lame di fondo*, che si gonfiano pure d'un tratto, a mare tranquillo, sotto i navigli, mettendoli in grave pericolo di fortuna. Nè meno misteriosi sono certi tratti di mare agitato, che s'incontrano talora a tempo calmo, specialmente in vicinanza dei banchi sottomarini. Per questi la spiegazione che sembra fino ad oggi la migliore è che si tratti di grosse onde, agenti a grandi profondità, generate dalle tempeste lontano dal luogo dove avviene il fenomeno di cui stiamo indagando la causa. Queste, impedite d'avanzarsi orizzontalmente da scogli, banchi e rilievi sottomarini, ne risalgono il pendìo, rimontando, per trasmissione di movimento, verso la superficie, producendovi un movimento repentino, anche a grandi distanze, dove il mare è tranquillo.

48. Ripeto però che c'è ancora del mistero intorno alla causa di certi fenomeni del mare. Cause invece notissime di maremoti violenti sono i terremoti e i vulcani. Il fondo del mare, che si alza e vibra talvolta con scosse violenti per effetto d'un terremoto, sia questo effetto immediato d'eruzioni vulcaniche, o scompagnato da esso, od in regioni senza vulcani, agisce a guisa d'una gran pala che percuote e ripercuote con violenza le acque. È naturale che si sollevino onde, proporzionate alla forza ed all'ampiezza del terribile strumento che urta contro le acque sopra estensioni talora di piu centinaja di chilometri.

A Cadice, durante il terremoto di Lisbona, le onde si sollevarono 20^{m} sul livello ordinario. Presso l'isola Lemus (Chili), nel 1837, il capitano Coste ebbe il bastimento scosso violentemente. Il fondo del mare si era alzato permanentemente $2^{m}{\cdot}4$. Nel terremoto del 1835 al Chilì, dopo la scossa, videsi il mare ritirarsi dalla baja della Concezione. I vascelli, galleggianti sulla profondità di 7 braccia (marine), si trovarono in secco, e tutti i bassi fondi si resero visibili. Ma il mare ritornò, precipitandosi sul lido tre volte di seguito con onda altissima. Nel 1746 uno spaventevole terremoto scosse il Perù. Si contarono 200 scosse in 24 ore. Due volte l'oceano si allontanò dal lido, e due volte vi si precipitò con impeto irresistibile. Lima fu distrutta; parte della costa presso Callao trasformata in un golfo; 4 porti inghiottiti; 23 bastimenti colati al fondo; 4, tra i quali una fregata, portati entro terra a considerevole altezza e lasciativi in secco.

A proposito di questi maremoti, leggevasi nel *Progresso* di Nuova York, sotto la data del 24 dicembre 1884, quanto segue:

« Un fenomeno naturale ha avuto luogo » l'altra notte nella Sonda di Long Island e » propriamente nei paraggi di New Haven, » causando un doppio disastro marittimo e » formando l'oggetto della più viva discus- » sione in tutto il paese.

« L'altra notte, verso la una, il capitano » Reed della goletta Onrust, carica di 300 » tonnellate di carbone, in viaggio da New » York a Providence, ancorata nei paraggi » di New Haven, aspettando che spuntasse il » giorno per riprendere il suo viaggio, sentì » un rombo, come se fosse causato da un » uragano.

« Vestitosi lestamente, il capitano Reed salì » in coperta e volse gli occhi attorno alla » grande e calma spianata del mare e vide » avanzarsi nel largo un'onda alta più di 8 » metri.

« Immediatamente il capitano si precipitò » sotto coperta e svegliò la moglie ed i suoi » due figli e i quattro uomini dell'equipaggio.

« In questo mentre l'onda aveva colpito » violentemente la goletta, inondandola com-

Digitized by Google

» pletamente e strappandone le catene dalle » ancore.

« Il capitano, la sua famiglia e l'equipaggio, » ebbero appena tempo di calare in un' im- » barcazione e saltarvi dentro, che la goletta » colò a fondo.

« Diretti verso terra, poterono sbarcare a » salvamento.

« La stessa onda causò la perdita d'un » rimorchiatore ancorato vicino a New Haven » e non pochi altri guasti a tutte le imbar- » cazioni ammarrate alla riva.

« L'opinione generale è che l'onda è stata » causata da un terremoto sottomarino ».

49. Talora i maremoti, quelli segnatamente che avvengono al largo, anche in mari profondi, ripetono evidentemente la loro origine immediata da eruzioni vulcaniche sottomarine. Una squarciatura, destinata a diventare un cratere, non può aprirsi sul fondo marino, senza che il movimento stesso del fondo che si squarcia o si solleva, l'emissione improvvisa di acque o di vapori, a cui imprime una smisurata energia l'altissima temperatura, o quella delle lave che si effondono in grandi masse, non imprimano al mare un movimento nel senso verticale, sicchè i bastimenti non ne rimangono scossi, e non s'improvvisino lì per lì onde grosse sulla superficie delle acque (1). Gli esempi non mancano.

(1) Il modo con cui si operano e gli effetti che producono le eruzioni vulcaniche sottomarine sono descritti principalmente nel Cap. V, Vol. III del mio *Corso di geologia*, ed in questa stessa opera, dal Marinelli e dal Meralli, a pag. 262 e 481.

Una forte scossa, provata dal bastimento di Pultney Macoln, il 28 giugno 1831, mentre passava sul luogo dove sorse più tardi l'isola Giulia, era indubbiamente il primo indizio di quella celebre eruzione sottomarina, che dodici giorni più tardi si mostrò palesamente alla superficie delle acque, dando origine al vulcano subaereo, che, mediante la sovrapposizione delle materie eruttate, diede corpo all'isola suddetta. Pare del resto che i maremoti, deboli o forti, non manchino mai di far parte di quel corteo di fenomeni accessorî, che accompagnano le eruzioni dei vulcani littorali o isolani. Nella celebre eruzione vesuviana del 1631, il mare ritirossi da Napoli fino a Castellamare, per ritornarvi poi con impeto orrendo. I maremoti e le scosse che ne subiscono i bastimenti servono anzi, come servirono da principio nel caso dell'isola Giulia, a segnalare, senza verun altro indizio, l'esistenza d'un vulcano sottomarino.

V'è, per es., nell'Atlantico (0°,20 di lat. mer. e 22° di long. occ.) un certo punto, dove esiste certamente un vulcano od un distretto vulcanico sottomarino, benchè veramente non sianvi state mai segnalate nè formazioni d'isole eruttive, nè vere eruzioni. Più volte però le navi, attraversando in quel punto, provarono delle scosse. Il fenomeno fu registrato per lo meno 12 volte dal 1747 al 1836. Nel 1806 Krusenstern vide anzi levarsi colonne di fumo dal fondo del mare; e nel 1836 si raccolsero due volte in quei luoghi delle ceneri vulcaniche.

Digitized by Google

LIBRO III.

L'ATMOSFERA (1).

CAPITOLO I.

L'OCEANO AEREO.

« Sic mundi pars est aer, et quidem necessaria. Hic est enim qui coelum terramque connectit, qui ima ac summa sic separat, ut tamen iungat. Separat, quia medio intervenit: iungit, quia utrique per hoc inter se consensus est. Supra se dat quidquid accipit a terris. Rursus vim siderum in terreno transfundit ».

SENECA, *Natur. quaest* libr. II, cap. 4°.

1. Trattando della Terra, della sua figura, delle sue dimensioni, della stessa morfologia speciale che le spetta, noi ne considerammo quasi esclusivamente le parti solide e liquide, la geosfera e l' idrosfera, prescindendo affatto da quell' importantissimo elemento che la circonda e che ne costituisce parte integrante: l' atmosfera.

Eppure, non soltanto l'atmosfera è il vero elemento vitale del nostro pianeta, per cui esso si trasforma e diventa la sede ad una

bella d'erbe famiglia e d'animali;

ma come il considerarla o l' escluderla crea una notevole ed essenziale differenza nelle dimensioni del nostro globo, così essa è la sede di fenomeni fisici, ottici, elettrici, meccanici, termici di un' importanza per noi inconcepibile.

Immersi nel fondo di questo oceano trasparente, per virtù del proprio spessore così ricco di azzurro e così pronto ad assumere, magico caleidoscopio, tutte le possibili combinazioni dell'iride, perennemente e necessariamente da esso involuti, da esso inalati, ci sentiamo così famigliari con esso, che sovente lo dimentichiamo e quasi pensiamo ch' esso sia eguale al nulla, quando la brezza che ci vellica le guancie o l'uragano che ci minaccia la morte, l' apparizione di una splendida aurora o l'oscuramento prodotto da un nembo improvviso, col senso del piacere, del dolore o della paura, non ne ridestino la coscienza del suo esistere.

Anzi, l'importanza stessa dei fenomeni che avvengono nell' atmosfera fu causa efficace che non da oggi soltanto, ma da remotissimi tempi, l'atmosfera diventasse oggetto di osservazioni, di ricerche, di studio e d'induzioni. Va però notato che nei primi tempi le *meteore* (1), come tutto quanto avveniva al disopra della superficie terrestre, costituivano uno dei principali soggetti dell' astronomia. La quale, a sua volta, essendo, più che altro, astrologia, ne vennero da un lato la mesco-

(1) SCHMID Dr. ERN. ERHARD, *Lehrbuch der Meteorologie*, Leipzig. Leopold Voss, 1860; — MÜLLER Dr. JOH., *Lehrbuch der Kosmische Physik*, IV.° vermess. Aufl., Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1875; — MOHN H., *Elementi di meteorologia, trad. dal prof.* DOMENICO RAGONA, Torino, Loescher 1878; Id. *Météorologie pratique, Les phénomènes de l'atmosphère, trad. par* DECAUDIN-LABESSE, Paris, Rothschild, 1881; — MAURY M. F., *Geografia fisica del mare e sua meteorologia, trad. dal cap.* L. GATTA; Torino, Loescher, 1877; — FLAMMARION CAM., *L'Atmosfera, Descrizione dei grandi fenomeni della natura, trad. da* G. PIZZIGONI, Milano, Simonetti, 1876; — HANN Dr. JULIUS, *Handbuch der Klimatologie*, Stutgart, Engelhorn, 1883 (forma parte della « Bibliothek geographischer Handbücher »); — DIAMILLA MÜLLER, *Le leggi delle tempeste* (sec. la Teoria di Faye), Torino, Paravia, 1881; — HANN HOCHSTETTER U. POCKORNY, *Allgemeine Erdk.* IIIe Aufl., Prag. Tempsky, 1881, ovvero in *Unser Wissen von der Erde*, ecc. B I., pag. 86; — RÉCLUS, *La Terre*, vol. II., pag. 265; — SUPAN, *Grundzüge* citati, pag. 27 e seg.; — HUGUES, *Geogr. fis. cit.*, pag. 191: — STOPPANI *Aria ed acqua* ecc. pag. 349; — TISSANDIER, *L'Océan aerién*, Paris, Masson, 1884; — PESCHEL, *Phys. Erdkunde*, vol. 2.° pag. 108 e seg.

(1) *Meteoros*, da *metà* ed *aeiro*, cose sublimi.

Digitized by Google

lanza di giudiziose osservazioni, e di credenze e combinazioni bizzarre e misteriose, e dall'altra la poca serietà che gli antichi riconoscevano ai meteorologisti e alla disciplina da essi professata (1). Giudizio che soltanto il volger dei secoli, e ricerche numerose e profonde condotte con metodi correttissimi, e la invenzione di opportuni strumenti, con arte ammirabile perfezionati, riescirono, se non a togliere del tutto, almeno a modificare, con vantaggio inestimabile del sapere e della vita umana. Ond'è che, per quanto antica di nome, la meteorologia, come scienza e specialmente come scienza autonoma, è disciplina moderna; come empirismo e come mezzo di ciarlatanesimo e d'impostura, è antichissima; come arte pratica ed utile basata su postulati serî e positivi, è modernissima e quasi a noi contemporanea.

Dei primi problemi scientifici che lo studio dell'atmosfera considera, uno fra i più importanti pel geografo è senza dubbio quello delle dimensioni e della figura ch'essa presenta. Però, com'esso va tra i più importanti, così va tra i più difficili. Intanto la sua soluzione in via diretta è impossibile. Dal modo con cui l'atmosfera nostra si contiene, dalle osservazioni condotte sulle atmosfere di quei corpi celesti, che, come Venere e Marte, ne sono circondati in modo sensibile, finalmente da considerazioni teoriche di vario genere, noi siamo autorizzati a ritenere che l'atmosfera costituisca una sfera o uno sferoide cavo, concentrico al terrestre e di forma non essenzialmente dissimile da esso. Ma di tale sfera aerea noi conosciamo, per esperienza nostra, solamente una piccolissima porzione della parte interna, quella che sta in contatto più immediato e più intimo colla superficie terrestre, poichè l'accesso alle sue parti più esterne non si conviene affatto all'organismo nostro e nemmeno a quello di alcuno fra gli animali d'ordine superiore; mentre appunto la soluzione del problema consisterebbe nel conoscere fin dove arriva il limite esterno dell'atmosfera, o altrimenti nel conoscere lo spessore della sfera cava aerea che la costituisce.

Già in addietro (2) noi accennammo a questo fatto che l'uomo, servendosi delle proprie forze, non seppe portarsi a una distanza verticale dalla superficie terrestre maggiore di 6784^{m} (1), nè in aerostato ad una altitudine maggiore di 10460^{m}. Incomodi e dolori fisici, interruzione nelle funzioni fisiologiche più essenziali, deficienza di forze, una vera malattia, il *sorrocho* o *mal de puña*, o *mareo vete*, e da ultimo la morte per apoplessia asfitica, sono le conseguenze inevitabili, alle quali va incontro il temerario che ardisca insistere a penetrare nei regni misteriosi e vietati dell'alta atmosfera.

Epperciò, forzatamente costretto ad esplorare quelle regioni da lungi, dalle stabili vedette, che ogni catena di montagne spinge elevate nell'aria, o da quelle ondeggianti che l'uomo stesso audacemente avventa in balìa del capriccioso elemento, fatto tesoro di numerose osservazioni, dovette ricorrere daccapo ai calcoli e alle induzioni, per ottenere, almeno in via diretta ed approssimativa, l'altezza dell'atmosfera.

Nè mancò varietà di metodi e di strade per raggiungere tale fine.

Così, già fin dal secolo scorso, lo svedese Melanderjhelm pensò che l'altezza dell'atmosfera avrebbe potuto esser rivelata da un procedimento *meccanico*, cioè determinando a mezzo del calcolo la regione d'equilibrio fra la gravità e la forza centrifuga prodotta dalla rotazione terrestre (2). Difatti, laddove questa ultima prevale, deve necessariamente cessare un'azione terrestre sufficiente a trascinare lungo lo spazio l'involucro aereo che circonda il globo; e le particelle atmosferiche che oltrepassano tale zona devono subire una dispersione nell'etere: ond'è che il limite teorico dell'atmosfera dev'essere segnato giusto da quella serie di punti, lungo i quali ha luogo siffatto equilibrio. Senonchè l'equilibrio tra le forze ripulsive ed attrattive ha luogo ad una notevole distanza dalla superficie del globo, distanza, che, secondo il Melanderjhelm citato, lungo il piano equatoriale, non sarebbe inferiore a 35850 chilom., e secondo il Laplace, che più tardi rifece il calcolo, a 35675 chilom. cioè a 5 o a 6 volte il semiasse equatoriale terrestre (3). Posto ciò, lo sferoide atmosferico verrebbe ad avere un semiasse maggiore, pari suppergiù a 42000 chilom., cioè a circa 6. 61 volte il semiasse equatoriale, dimensioni anche pochi anni addietro confermate dal Flammarion con leggiero divario, cioè colla

(1) IDELER, *Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum*, Berolini, 1832, p. 7.; — SCHMID, op. cit. 5 p., nota.
(2) Vedi a pag. 281, 282 e 304 di quest'opera.

(1) Reputando tuttavia bisognevoli di conferma le ascese del Graham a 7803^{m} e ad 8503^{m} sul Dunagiri e su Nanda Devi.
(2) Vedi a pag. 175 della nostra opera.
(3) LAPLACE, *Ouvres*, Paris, 1843-46, T. II., pag. 194 e T. VI, pag. 309.

Digitized by Google

semplice modificazione di quel primo numero in 42300 e del rapporto in 6.64. Un tale raggio verrebbe poi a descrivere l'orbita di un satellite terrestre che s' aggirasse intorno al globo in 23 ore 56 minuti, cioè nel tempo che la Terra impiega a compiere una intera rotazione.

Questo però sarebbe il *limite teorico massimo* della nostra atmosfera; il quale necessariamente non sarebbe eguale all' equatore ed ai poli, ond'essa deve presentare la forma di un elissoide notevolmente schiacciato. Difatti, secondo il Laplace, il raggio equatoriale dell'atmosfera starebbe al polare come 3:2, e secondo Edoardo Schmidt come 13:10 (1).

La determinazione dell' altezza dell' atmosfera si tentò anche per una via diversa dalla precedente. È noto che l' atmosfera fa equilibrio al peso di una colonna di mercurio che, in media e al livello marino, misura 760^{mm}. alla temperatura di 0°. Perciò, qualora l'aria atmosferica conservasse anche negli strati superiori la densità medesima che presenta presso la superficie terrestre, sarebbe facile dedurne l'altezza dell'atmosfera. Difatti la densità del mercurio si calcola eguale a 10517 volte quella dell'aria; epperciò la colonna di questa dovrà risultare dal prodotto di 760^{mm} per 10517, cioè corrispondere a circa 8045^{m}.

Senonchè è anche noto che la densità dell'aria decresce rapidamente col crescere dell'altitudine. Se questa diminuzione nella densità fosse uniforme, la deduzione, per quanto più complicata, riescirebbe di poco più difficile; ma ciò non si manifesta vero, se non considerando le cose molto all' ingrosso. La legge del Boile, conosciuta più generalmente sotto il nome del Mariotte (2), non è che approssimativa. Essa non soltanto varia pei vari gaz, ma anche nell' aria medesima presenta delle deviazioni a diverse altezze. Così la forza espansiva dell'aria non s'accresce progressivamente colla rarefazione, anzi v'è un punto nel quale tale forza espansiva cessa e le molecole dell'aria assai rarefatta esercitano le une sulle altre una tal quale attrazione o quasi viscosità. Davanti a tale risultato, al quale si giunse specialmente dopo gli studi del Regnault e di Emanuele Liais, è facile concludere come neanche questa sia la via che ci possa condurre ad una esatta determinazione dell'altezza dell'atmosfera.

(1) *Lehrb. der mathem. und phys. Geographie*, Göttingen, 1830, Bd. II., p. 236 e 238, 252 e 318. Le conclusioni dello Schmidt, forse in grazia del procedimento seguito, sono del resto radicalmente diverse da quelle del Laplace. Pel fisico tedesco il limite dell'atmosfera sarebbe segnato da un raggio equatoriale pari a 56817 chil. e il polare da un raggio pari a 42913 chil.

(2) Questa legge, espressa in forma popolare, suona: *rimanendo costante la temperatura, il volume di una data massa di gaz è in ragione inversa della pressione che sostiene.* Già indipendentemente da questa legge, l'Halley, seguendo un procedimento assai rigido, avea tentato di determinare quale doveva essere la densità dell'aria a varie altezze ed avea ottenuto i risultati seguenti

Altezza in miglia ingl.	Altezza in chilom.	Densità dell' aria
0	0	1.0
29	47	0.1
41	66	0.01
53	85	0.001.

Cnfr. SCHMID, *Lehrb* cit. pag. 49.

Del resto, una semplice considerazione può far comprendere la difficoltà di arrivare a tale conclusione. Le formule, che, in seguito a diligenti ricerche, basate generalmente sulla legge di Mariotte più o meno corretta, vennero escogitate allo scopo di esprimere la graduale diminuzione di densità dell'atmosfera, ci dicono che ad un'altitudine di poco più di 5 chilom. la densità dell'aria è già ridotta a metà, a quella di 7500^{m} è ridotta a circa 0.4, e finalmente all'altezza di 59.4 chilom. è ridotta a 0.0003 della densità che si nota alla superficie. Dessa è senza dubbio una rarefazione enorme; eppure siamo ben lontani dal vuoto. Difatti adesso le più perfette macchine pneumatiche a mercurio arrivano a ridurre l'aria a 0.00001 (1/100000) del suo volume, e, qualora vi si unisca l' assorbimento chimico a 0.000,000,5 (1/20,000,000). Ebbene: neppure ad una siffatta quasi inconcepibile rarefazione non si ha raggiunto l' annullamento, poichè, come avverte lo Stone, se è vero che 1 cent. cubico d' aria allo stato normale contenga circa 1000 trilioni di molecole, anche così rarefatta, nello stesso volume ne contiene tuttavia almeno 500 bilioni (1).

Questo medesimo concetto della estrema difficoltà di determinare il limite dell' atmosfera, se pur tale limite esiste e il trapasso fra l'atmosfera e la materia eterea non sia fatto per una sfumatura infinitamente graduata, risulta dall'applicazione dei metodi astronomici alla soluzione dello stesso problema (2).

Due sono i fenomeni astronomici che specialmente possono darci aiuto in proposito, ed

(1) *Annuario scient. ital.*, Anno XVI, 1879, pag. 1.

(2) Un altro metodo, basato pure sopra osservazioni astronomiche, venne pure impiegato per dedurre l'altezza dell'atmosfera, e sarebbe quello di osservare lo spessore delle penombra atmosferica che la Terra projetta sulla superficie lunare durante un' eclissi, e i fenomeni di rifrazione che accompagnano tale fenomeno. Con questo metodo si concluse per un'altezza dell' atmosfera pari a 115 chilom.

Digitized by Google

entrambi a noi noti: la durata dei crepuscoli (1) e l'altezza alle quali si accendono le stelle cadenti (2).

Quel primo fenomeno venne a tal uopo fatto oggetto di esame da un astronomo arabo, Alhazen, fin dal secolo X (3). Ignorando le leggi della rifrazione e ritenendo come limite del crepuscolo una depressione del sole sotto l'orizzonte pari a 19°, egli fissò all'atmosfera una altezza di 52000 passi, cioè suppergiù di 90 chilom.; altezza di poco superiore a quella (da 74 ad 81 chilom.) che le assegnava il Keplero (4), il quale rivolse più tardi la propria attenzione al medesimo soggetto.

In seguito, maggiormente perfezionatisi gli strumenti e i metodi, nonchè la conoscenza delle leggi fisiche ed astronomiche, la questione fu ripresa daccapo, ma senza che perciò si venisse ad un accordo perfetto, anche per il fatto della enorme difficoltà di fissare esattamente l'istante nel quale gli ultimi raggi del sole abbandonano gli strati superiori dell'atmosfera, segnando così la fine del crepuscolo. Quindi al de La Hire l'altezza dell'atmosfera appariva di 67.5 chil., al Lambert di 71.2, al Behrmann di 58, all' Hann di 62.5, finalmente al Bravais, che ne studiò il problema dalla vetta del Faulhorn, di 115 chil. Senonchè Emanuele Liais, nelle ricerche condotte traverso l' Atlantico e a Rio Janeiro, veniva a risultati notevolmente diversi. Ritenuto di 18° la depressione del sole necessaria per raggiungere la fine del crepuscolo astronomico e tenendo conto della rifrazione orizzontale, egli fu tratto a concludere dapprima per un' altezza atmosferica di 290 chilom.; ma poi, rammentando come i più bassi fra i raggi solari devono venir assorbiti dagli strati atmosferici inferiori e più densi, dovette portare tale altezza almeno a 320 chilom. (5).

Valore questo che non va molto lontano da quelli che per l'altezza dell'atmosfera risultano dall'esame delle stelle cadenti. Difatti noi sappiamo che, dal 1798 in poi, la determinazione dell'altitudine nella quale si accendono ovvero si rendono visibili le filanti è un problema di soluzione non difficile. Ordinariamente tale altitudine non supera i 100 o 120 chilom.; ma si hanno non rari esempi di stelle, la cui traiettoria cominciò a rendersi visibile a 200 e più chilom. e taluna anche a 400 e (si afferma) persino ad 800 chilom. di altezza. Osservazioni di questo genere vengono dunque a confermare il concetto del Liais, vale a dire che l' atmosfera abbia almeno 300 chilom. di altezza. Imperocchè, pur prescindendo dalle eccezionali altezze di stelle cadenti che superano i 200 chilom., una volta che si accetti la validissima congettura che esse si rendano visibili solamente allorquando sia la confricazione, sia, e più probabilmente, la compressione che il corpo da cui sono costituite esercita sull' atmosfera, ne inalzi di tanto la temperatura da produrre l'accensione dei gaz in esso contenuti, si deve anche riconoscere essere necessaria una ragguardevole densità dell' aria e in pari tempo una certa percorrenza del corpo medesimo attraverso l'atmosfera perchè il fenomeno trovi modo di manifestarsi.

Da quanto esponemmo, è lecito adunque adesso concludere che l'atmosfera circondi la Terra per uno spessore assai considerevole, a limiti indefinibili ed indefiniti, tanto è lento il degradare della sua densità, la quale, oltre a 300 chilom. dalla superficie terrestre, è ancora tale da dar luogo a dei fenomeni di rarefazione e di notevole resistenza meccanica.

Ora siffatto valore di 300 chilom., che, con larga approssimazione, noi possiamo accettare come limite minimo dello spessore di una atmosfera mediocremente densa, viene a trovarsi, rispetto al medio raggio terrestre (6370 chil.), nel rapporto di circa $^1/_{21}$, cioè in un rapporto tale che, se noi volessimo proporzionalmente riprodurre l'altezza dell' atmosfera sopra una sfera di 1 metro di diametro, dovremmo assegnarle uno spessore di 24 millimetri (Fig. 444). Naturalmente con ciò prescindiamo dallo schiacciamento dell'atmosfera e da quelle fluttuazioni che le azioni termiche e meccaniche dei corpi celesti più vicini non mancano di produrre periodicamente in un elemento mobile e mutabile come quello dell'aria.

2. Per gli antichi, l'aria era uno dei quattro elementi, che coll'acqua, colla terra e col fuoco, costituivano il nostro globo, nè un concetto giusto intorno ad essa si giunge ad ottenere prima della fine del secolo scorso, dopo

(1) Pag. 195 della nostra opera.
(2) Pag. 151 idem.
(3) SCHMIDT. *Lehrb.*, pag. 49.
(4) KEPLER, *Epitome astronomiae Copernicanae.*, Lentiis ad Danubium, 1618 Libr. I., pag. 75. In un'anteriore pubblicazione (1604) il Keplero era stato condotto ad assegnare all'atmosfera un'altitudine assai minore, cioè pari a 356^m (0.48 di miglio tedesco).
(5) FLAMMARION, pag. 32; HANNHOCHSTTTEER ecc., in *Unser Wissen.* pag. 87. Di recente (1881), Herber, considerando l'atmosfera come fosse un sistema ottico di mezzi rifrangenti e applicandovi i teoremi che si adoperano per questi, giunse alla conclusione che l'altezza dell'atmosfera sia di circa 189 chilometri. Vedi *Bollettino dell' Assoc. Meteor. ital.*, 1881-82, pag. 134.

Digitized by Google

gli studî e le ricerche del Priestley, dello Scheele e del Lavoisier, e dopo che ossigeno, azoto e carbonio poterono essere collocati fra i corpi semplici. Però ancora nella seconda metà del secolo scorso si credeva generalmente alla trasformazione dell'aria in a-

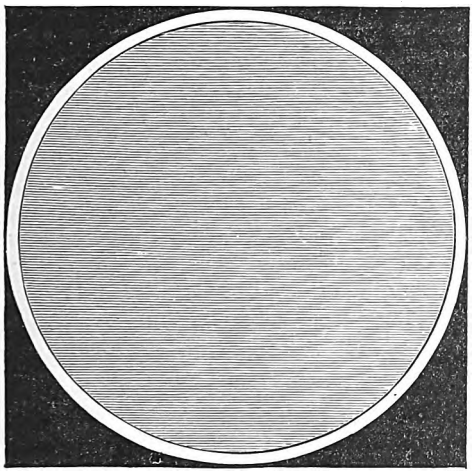


Fig. 444. — Minimo spessore probabile dell'atmosfera terrestre.

cqua e viceversa, come si può vedere nelle confutazioni che di questo pregiudizio credette di dover dare, un secolo addietro, il celebre de Luc (1). E, del resto, basta l'esame della nomenclatura adoperata da quei precursori della chimica atmosferica odierna, basta ricordare i nomi di *aria vitale*, od *empirea* o *deflogistica* od *eminentemente respirabile*, dati all'ossigeno, e lo stesso significato della parola *azoto* o *contrario alla vita*, per comprendere quale confusione di concetti di varia natura dominasse siffatte ricerche.

Adesso noi sappiamo che l'aria è costituita da una miscela di *azoto* e di *ossigeno*, in tale proporzione che, secondo l'esperienze compiute dal Boussingault e dal Dumas nel 1841, è rappresentata dai numeri seguenti:

	ossigeno	azoto
in peso, parti	23	77
in volume	20.8	79.2

Però bisogna aggiungere una certa quantità di acido carbonico, cioè, nei nostri climi, da 3 a 4 diecimillesimi (0.0003 o 0.0004, ovvero 0.03 o 0.04 di parte centesimale), e di un'altra quantità di vapor acqueo. Quest'ultimo veramente varia da luogo a luogo, come si può dedurre dai risultati delle due analisi che facciamo seguire e che rappresentano la media costituzione dell'aria atmosferica a Vienna e a Batavia (Giava).

		Vienna	Batavia
azoto,	parti su cento	78.24	76.8
ossigeno,	» »	20.80	20.4
vapor acqueo,	» »	0.93	2.8
acido carbonico,	» »	0.03	(1).

Delle varie sostanze ch'entrano nella miscela atmosferica, ve n'è una la cui proporzione rispetto all'assieme rimane costante, qualunque siano l'altitudine, la vicinanza o la lontananza del mare, e altre condizioni della località dove si raccoglie l'aria che si deve esaminare. Le esperienze volumetriche del Boussingault in America, quelle sul peso, eseguite contemporaneamente dal Boussingault e dal Dumas a Parigi, dal Brunner a Berna, dal Martin e del Bravais sul Faulhorn, mostrarono la identità della quantità proporzionale di ossigeno ad altitudini assai diverse (fra 0 e 2683$^{m.}$), mentre quelle del Boussingault, del Dumas e del Lewy la mostrarono rispetto a diverse condizioni meteorologiche e alla vicinanza maggiore o minore coll'oceano.

Tuttavia tale costanza non va presa in senso assoluto. Così il Jolly trovò che la quantità di ossigeno a Monaco di Baviera può oscillare fra 21.0 e 20.5 centesimi in volume, manifestandosi i minimi sotto l'influenza dei venti di sud, di sudovest e di ovest e i massimi sotto quella dei venti di nord e di nordest, e il Macagno a Palermo osservava che, sotto l'influenza del sirocco, la quantità di ossigeno discende al 20 per cento, mentre, secondo una media di numerose analisi, essa ammonta ordinariamente al 20.8 per cento (2).

L'acido carbonico dell'aria è però lontano da siffatta costanza relativa. Già pochi anni dopo che le analisi chimiche aveano dimostrato l'esistenza di questo gaz nell'atmosfera, Teodoro de Saussure, nel 1809, era venuto nell'avviso che la quantità dell'acido carbonico doveva variare secondo periodi diurni ed annui e secondo altre circostanze, quali la pioggia, il vento, la vicinanza delle acque, la copia e la qualità della vegetazione, la prossimità dei luoghi abitati e consimili. Una volta che si conobbe poi il peso dell'acido carbonico maggiore di quello degli altri gaz, si venne anche nel concettto ch'esso dovesse trovarsi più abbondante negli strati inferiori dell'atmosfera, per cui pareva strano il giudizio di H. B.

(1) Schmid, *Lehrle*, pag. 14.

(1) Alcuni centesimi di parte.
(2) Hann, *Klimat.*, pag. 49.

(*Proprietà letteraria*).

Digitized by Google

de Saussure (1), il quale asseriva di non aver trovato differenza tra la quantità di acido carbonico, esistente nell'aria raccolta sul monte Bianco, al Col du Géant e in quella raccolta nelle pianure. Più strano poi ancora parve il fatto, già segnalato da Teodoro de Saussure, e poscia confermato dalle sperienze dei fratelli Schlagintweit sulle Alpi e da quelle del Lewy sulle Ande dell'America meridionale, che, cioè, l'acido carbonico non solo non diminuisce, nè rimane costante, ma cresce col crescere dell'altitudine. Così, per esempio, gli Schlagintweit trovarono sul pendìo del Rosa l'acido carbonico in quantità non minore di 5.9 e di 9.5 diecimillesimi, come si portarono successivamente alla capanna Vincent (3162$^{m.}$) e alla Vincentpyramide (4224^{m}); e il Lewy sull'antipiano della Nuova Granata, e precisamente a Santa Fè de Bogota (2465$^{m.}$) durante l'aridissima stagione detta *las quemas*, che corrisponde alla fine d'agosto e ai primi di settembre, trovò ben oltre a 49 diecimillesimi di acido carbonico nell'aria. Giova però avvertire che, in questo secondo caso, affatto eccezionali erano le circostanze dominanti, come eccezionale è la natura di quell'altopiano così ricco di vulcani. Difatti pochi giorni dopo passata *las quemas*, a Santa Fè, l'aria non conteneva più di 4.5 diecimillesimi del gas in questione.

E il dubbio crebbe daccapo allorchè si osservò che le ricerche praticate nelle ascese aerostatiche o nei nuovi osservatori di montagna confermavano tale accrescimento dell'acido carbonico coll'altitudine. Così i signori Müntz ed Aubin all'osservatorio del Pic du Midi, cioè a 2877$^{m.}$ sul mare, trovarono non più di 2.9 diecimillesimi di acido carbonico e il Trouchot sui monti dell'Alvernia ottenne anzi un risultato contrario a quello avuto dagli Schlagintweit e dal Lewy. Difatti ecco quali furono le quantità di acido carbonico da lui trovate nell'aria raccolta a varie altezze (2):

	Altit. in metri	Acido carbonico in 10000simi.
Clermont Ferrand . .	395 . . .	3.13
Puy de Dôme	1445 . . .	2.03
Pic de Sancy	1886 . . .	1.73

Tali diversità di risultati ci induce a ritenere che l'altitudine per sè stessa eserciti un'azione assai lieve sulla quantità dell'acido carbonico, e che le divergenze osservate provengano da circostanze diverse, mentre le varie analisi finora istituite conducono ad ammettere che la quantità dell'acido carbonico contenuta nell'aria possa variare da un anno all'altro, da un mese all'altro e anche da un giorno all'altro (1).

Discussa è parimenti l'influenza dell'oceano sulla quantità di questo gas nell'aria. Al Lewy parve che l'aria sovrastante all'Atlantico ne contenesse in quantità alquanto maggiore che non quella che sovrasta ai continenti, e si spiegava il fatto ammettendo l'assorbimento dell'ossigeno e dell'azoto per parte dell'acqua marina. Ma altre sperienze non confermarono le sue conclusioni; anzi altri chimici, come lo Schlösing (2), son arrivati ad affermare che le acque marine, invece che sui due gas accennati, esercitano un forte assorbimento sull'acido carbonico atmosferico stesso.

Meno discussa invece è l'azione della vita animale e vegetale sull'abbondanza di siffatto elemento. È noto il consumo di ossigeno che ogni animale fa diuturnamente per mantenere la combustione del sangue e la conseguente emissione di acido carbonico. Calcolata la specie umana a 1400 milioni d'individui e a circa 480 i litri di acido carbonico che un uomo adulto e sano emette giornalmente, e facendo una debita riduzione pei fanciulli, per le donne, per i malati e per i vecchi, non si può far ascendere a meno di 450 milioni di metri cubi la quantità di acido carbonico, che la sola funzione fisiologica della respirazione umana introduce ogni giorno negli strati più depressi nell'atmosfera. Se si aggiunga l'analogo lavorìo di tutte le altre specie animali, e l'azione che indirettamente esercita l'uomo coll'uso del fuoco, sia pei bisogni domestici, come per l'industria, e quella d'infinite fermentazioni provocate ad arte o spontanee, è agevole comprendere quanto sia enorme l'influenza che esercita la vita animale modificando senza tregua la costituzione dell'atmosfera.

Tale influenza per altro è parzialmente neutralizzata da quella delle piante, la cui vita esercita sull'aria un'azione inversa a quella esercitata dalla vita animale. Veramente l'azione delle piante non è sempre contraria a quella degli animali, poichè, se le parti verdi di cui esse sono costituite emettono, almeno di giorno, ossigeno ed assorbono acido car-

(1) *Voyages dans les alpes*, Neufchatel, 1787-1796, § 2010, 2077.
(2) *Annuario scient. ital.*, 1876 pag. 195.

(1) *Annuarie de l'observ. de Montsouris pour l'an.* 1884, Paris. Gauthiers-Villars, 1884, pag. 447 e seg.
(2) Id. 1880, pag. 130.

Digitized by Google

bonico, le altre parti respirano a modo animale, emettendo acido carbonico, funzione che pare si estenda a tutti gli organi, verdi o meno, durante la notte. Quindi l'azione della vegetazione, in quanto contropera agli effetti della respirazione animale, è massima per le piante molto verdi, nelle stagioni calde, nelle ore diurne; è minima nei casi opposti. Speciali condizioni di agglomeramenti di piante, aggravate da umidità, da sviluppo di fermenti e da consimili fatti, alterano in modo cospicuo il rapporto dell'acido carbonico dell'aria. Il Lewy nelle piantagioni della Guadalupa trovava persino 136 ed anche 221 diecimillesimi di acido carbonico nell'aria (1), proporzioni raggiunte appena nelle nostre scuole più mal costruite e più mal ventilate, in seguito a straordinario agglomeramento di persone (2).

Nè vuolsi tacere che fra le variazioni particolari nella quantità dell'acido carbonico esistente nell'aria, ve ne sono alcune derivanti da emissioni endogene.

Noi già conosciamo quello tra i secondarî fenomeni del vulcanismo ch'è noto sotto il nome di *mofete*. È di tal genere quella di Tunguravilla, poco lungi dal vulcano Tunguragua, nell'America equatoriale, descritta dal Boussingault che la visitò nel 1831. Le sue vicinanze sono spoglie di vegetazione e disseminate di cadaveri di animali rimastivi asfissiati. Dai geografi non soltanto, ma, più che da loro, da romanzieri e da poeti, vien rammentata tra i fenomeni consimili la « valle della morte » o « valle avvelenata », Guwo Upas, dell'isola di Giava.

Cava, rotonda, senza un filo d'erba
Da enormi pietre e da paure cinta,
In vetta a un monte, sovra il letto serba
Sempre un'arena in livido dipinta;

anzi, essa pure produce la morte di quanti viventi abbiano la triste sorte di approssimarvisi, talchè

Vi muor il daino che trapassa a volo,
Vi muor il seme che vi reca il vento,
D'ossa biancheggia il maladetto suolo,
L'aura che ne vapora è un tradimento (3).

Giova tuttavia aggiungere che le relazioni dei viaggiatori più recenti e più accreditati ridussero ai suoi veri e più modesti termini il

(1) SMITH, pag. 27.
(2) FLAMMARION, pag. 91.
(3) ALEARDI, *La valle della morte nell'isola di Giava.*

fenomeno, al quale, esagerando, s'era data una grandiosità leggendaria.

Numerose *mofete*, ad emanazioni più o meno continue, si trovano nell'Eifel, nell'Alvernia, nella Boemia, nell'Engadina, dove anzi assumono il nome di « caverne della morte (Tôdteslöchern) » ed altrove, e specialmente in Italia. Fra queste ultime è celebre la cosidetta *grotta del Cane* a Pozzuoli presso Napoli, e meno celebre, ma molto analoga alla precedente, e ad essa prossima, la *grotta dell'Ammoniaca*.

Il nome dato alla prima di tali grotte proviene dal fatto che, introdottovi un piccolo cane, lo si vede dapprima respirare stentatamente, poi cadere asfissiato, in causa dell'acido carbonico che vien emanato dalla caverna e che, per essere più pesante dell'aria, si accumula sul fondo della grotta stessa, formandovi uno strato alto poche spanne, e quindi tale che riesce nocivo ad un cane, ma non già a un uomo che stia eretto della persona. Le analisi della miscela emanata dalla grotta del Cane, compiute dal Deville e dal Le Blanc, in tempi diversi, diedero questi risultati (1):

acido carbonico, per 100 . . .	67. 1 . . .	73. 6,
ossigeno	6. 5 . . .	5. 3,
azoto	26. 4 . . .	21. 1.

Coll'azoto, coll'ossigeno e coll'acido carbonico noi non abbiamo passato in rassegna tutte le sostanze che esistono nell'atmosfera e che concorrono a costituirla. Così si notarono in essa soventi traccie non trascurabili di *ammoniaca*, sia in istato di *carbonato*, sia di *nitrato* o di *nitrito*, forse proveniente dalla decomposizione di piante e di animali, l'*acido nitrico* e *nitroso*, lo *iodio*, *l'ozono*, *l'acqua ossigenata*, il *vapor acqueo*, qualche principio *idrogenato* e delle polveri derivanti da sostanze organiche od inorganiche, di svariatissima natura e tali da meritarsi il nome *d'immondizie atmosferiche*.

La presenza di sostanze ammoniacali nell'aria è indiscutibile, ad onta che la loro quantità varî da luogo a luogo e da tempo a tempo, e che le proporzioni di siffatto elemento si esprimano per milionesimi. L'analisi di varie acque condussero poi al concetto che l'ammoniaca dell'atmosfera venga, diremo così, *slavata*, dalla precipitazione atmosferica. Difatti, mentre d'ordinario nelle acque pluviali si trovarono circa 8 diecimilionesimi di

(1) FLAMMARION, *L'Atmosf.*, pag. 70; — MERCALLI, *Vulcani e fenom. vulcan. in Italia*, pag. 32 e seg.

Digitized by Google

ammoniaca, nelle acque di fiume tale rapporto discende a 2 e in quelle di fonte ad 1 diecimilionesimo. Il ricavato di questa slavatura atmosferica concorre poi ai fiumi, i quali, arricchitisi ancora di quella ammoniaca che loro proviene dagli organismi, convogliano tutte le sostanze ammoniacali al mare. Nè qui il processo si arresta, poichè il mare, così vasta e ricca sede di vita organica, oltre all'ammoniaca portatagli dai fiumi, e direttamente dalle pioggie e dalle nevi, altra ne possiede ed è quella che si svolge nel suo stesso grembo, grazie appunto ai citati organismi. Epperciò non è da meravigliarsi se il soverchio di ammoniaca che vi si sviluppa venga ridonato all'aria che gli sovrincombe e che, grazie al moto dei venti, la riporta alle terre (1).

Al mare medesimo l'aria rapisce una certa quantità di *sal marino* e, in proporzione veramente minima, anche lo *iodio*.

Invece la presenza sovente riconosciuta di *solfuri* o di *carburi d'idrogeno* e di altri gaz consimili, più o meno innocui, più o meno dannosi all'organismo umano, proviene da cause locali, principalmente da apparati vulcanici e da depositi palustri.

Quanto riguarda l'*ozono*, la sua presenza e la sua distribuzione nell'aria atmosferica è ancora generalmente allo stato di problema. Non v'è dubbio che l'aria possiede in certe località e in certi tempi un più forte potere ossidante; ma è difficile dire se ciò provenga da quella modificazione o forse condensazione dell'ossigeno che si chiama ozono, o da una iperossidazione dell'idrogeno. Sopratutto poi difficile e malsicura è la determinazione della quantità di ozono esistente nell'aria, dacchè i varî spedienti escogitati per ricavarla si mostrarono tutti manchevoli al bisogno, tanto che in molti luoghi, dove si erano istituite regolari osservazioni ozonometriche, si dovettero smettere. Ciò, ad esempio, successe in Italia nel 1869. Posto questo, è ben naturale che oggigiorno ancora noi ci troviamo in piena oscurità intorno al contegno che segue tale sfuggevole elemento, e che ci accontentiamo di accennarlo colle poche righe premesse (2).

Parimenti non è facile dire da cosa sia costituito quell'elemento impalpabile, molteplice, infinito, che si chiama col nome d'*immondizie dell'atmosfera*. Un raggio di sole che penetri da una fessura in una stanza non molto illuminata permette di afferrare in un modo largamente approssimativo quanto sia numerosa la falange degli esseri che si trovano in sospensione nell'aria e che noi continuamente respiriamo. La polvere delle vie, il polline dei fiori, i rifiuti della combustione, innumerevoli e minutissimi frammenti degli oggetti da noi adoperati, delle vesti indossate, di animali, di piante, animali e piante intere e talvolta vive e vitali, tutte sostanze o aventi proporzioni affatto minime o ridotte a minime dimensioni, grazie alla loro estrema piccolezza, sembrano sottratte alla legge di gravità e quantunque specificamente più pesanti dell'aria stessa, in virtù di un qualsiasi movimento orizzontale, si mantengono galleggianti in essa per tempi considerevoli.

Nei casi ordinarî, le immondizie atmosferiche risultano particolarmente delle sostanze componenti il suolo locale. Così sui deserti sabbiosi l'aria è pregna di particole della sabbia su cui incombe e che quotidianamente solleva; così, analizzata al microscopio, l'aria di Parigi venne trovata pregna di foraminiferi, dei quali in parte notevole è costituito il calcare su cui sorge quella città; così l'aria di Catania è specialmente inquinata dalla polvere grigia o nera delle lave vulcaniche, che ne formano il suolo. Altre volte siffatte polveri hanno anche provenienza lontana, com'è il caso della polvere del Sahara, così sovente raccolta in Sicilia e che rende così penosi a Palermo ed altrove i giorni nei quali soffia il sirocco, o com'è il caso delle polveri colorate che concorrono a formare le *pioggie di sangue*, o d'*inchiostro*, le *nevi rosse* o *nere* e fenomeni consimili, sui quali giova un momento arrestarci.

Di polveri sospese nell'atmosfera e capaci di conferire alla pioggia o alla neve coloramenti diversi, i meteorologici ne conoscono parecchie. Così va ricordata la polvere di origine *vulcanica*. Sappiamo che i vulcani eruttano quantità veramente enormi di ceneri finissime, le quali, espandendosi nell'aria in balìa dei movimenti atmosferici, vengono trasportate molto lontano e cadono coprendo vaste regioni. L'attitudine di questa polvere quasi impalpabile a rimanere a lungo sospesa nell'atmosfera, è maravigliosa. Ad esempio: una eruzione dei vulcani islandesi, avvenuta nel 1783, per tre mesi su quasi tutta intera

(1) V. a proposito *Annuario scient. ital.*, Anno 1875, pag. 151.

(2) *Ann. scient. ital., Anno I*, 1863. p 96; — *Anno V*, 1868, p. 90 ecc; — *Anno VII*, 1870, p. 144; — *Anno XVI*, 1879, p. 156; — *Annuaire de l'Observatoire des Montsouris. pour l'an.* 1884, Paris, Gauthier-Villars, 1884. pag 429.

Digitized by Google

l'Europa e su alcune sue parti, quali la Danimarca, per oltre a quattro mesi, estese una nebbia secca ben facile a riconoscersi (1). Più di recente, nel marzo 1875, una vera pioggia di ceneri e di frammenti pomicei segnalata su buona parte della Svezia e della Norvegia, era costituita da materiali eruttati in quei giorni dai vulcani di quella stessa isola (2).

Molti scienziati attribuirono pure alla polvere eruttata da un vulcano, il Cracatoa, i maravigliosi coloramenti rossi, che resero così bizzarri ed attraenti i tramonti dell' autunno 1883 e dell'inverno successivo (3). Senonchè, se non propriamente i tramonti così splendidamente porporini, certamente una sensibile tinta rossastra e una certa sfumatura polverulenta, entrambi anormali, si continuano a notare nell' atmosfera in questi stessi giorni (febbraio 1885) in cui scriviamo, cioè oltre a 18 mesi dopo avvenuta nel 26 agosto 1883 la tremenda eruzione accennata. Ora, siccome codesta tinta rossa polverulenta, segnalata più spiccatamente dai tramonti porporini, venne osservata sopra la intera superficie terrestre, qualora veramente sia dovuta alle ceneri eruttate dal Cracatoa, tale fenomeno, tanto per estensione quanto per durata, sarebbe assolutamente eccezionale, come, del resto, fu eccezionale la eruzione, dalla quale la cenere si reputa prodotta.

Va altresì notato che nella città di Batavia, l'oscuramento prodotto dalla nube di ceneri eruttate allora durò 40 giorni e che un fenomeno non molto diverso ebbe luogo nel 1831, allorchè nel mar Siculo avvenne l' eruzione sottomarina dell'isola Giulia.

D'altra parte si posseggono non rari esempi di rapide ed estese diffusioni nelle nebbie e nelle pioggie di ceneri vulcaniche. Son noti i due esempi, ormai classici, del Coseguina e del Timboro. Il Coseguina, vulcano posto poco lungi dalla baia di Fonseca nell' America centrale, erompendo nel gennaio del 1835, formò una nube cuneiforme di ceneri, che s' andò man mano allargando, fu portata dai venti almeno a 1500 chilom. di distanza e coperse una superficie non inferiore a 4 milioni di chilometri quadrati. La cenere eruttata dal Timboro nel 1815 coperse parimenti uno spazio di poco diverso dal precedente, cioè una superficie quasi circolare avente il suo centro nell'isola di Sumbava nell'arcipelago della Sonda ed un raggio di almeno 1400 chilometri. L' isola di Borneo quasi per intero, tutta Celebes, tutta Giava e tutte le piccole isole della Sonda, una parte di Sumatra e di Gilolo, nonchè un bel tratto della costiera australiana entrano nella zona così allora coperta di ceneri. A Brun, nell'isola di Borneo e quindi forse ad uno dei limiti del fenomeno, la impressione da questo prodotta fu tale che quell'avvenimento formò epoca e gli anni, d'allora in poi, si contarono a datare dalla « grande pioggia di ceneri ».

È notissimo poi che si raccolsero polveri vulcaniche del Vesuvio in Sicilia, a Venezia, in Africa, a Costantinopoli ed altrove; che quelle dei vulcani islandesi si raccolsero sovente in Norvegia, in Isvezia, in Danimarca, nelle Shetland, nelle Orcadi ed anche a maggiori distanze, e gli esempi si potrebbero accumulare davvantaggio.

Ma non sono soltanto vulcaniche le polveri suscettibili di dimorare a lungo sospese nell'atmosfera e di esservi trasportate a distanze considerevoli. In Germania una speciale forma di polverulenza atmosferica è nota sotto il nome di *moorrauch* (fumo di landa o di palude) (1). Essa proviene dall' abbruciamento delle erbe di prateria o di steppa compiuto per iscopo di coltura e su larghissima scala. Ad esso si unisce naturalmente il fumo prodotto dalla combustione necessaria all'industria alla vita, al commercio, da incendi accidentali di abitazioni e di foreste. Sovente tale fumo, costituito da infinite e sottilissime particelle di carbonio e di ceneri, rimane sospeso sopra la regione dove avviene la combustione; ma tal altra viene portato dal vento a distanze assai ragguardevoli. Ad esempio: le ceneri provenienti da uno dei maggiori incendi di Chicago arrivarono in non più che quattro giorni alle Azzorre. È alla polvere nera di tal fumo che si deve attribuire di consueto il colaramento delle cosidette pioggie d'inchiostro. L' estensione che l' abbruciamento delle erbe pratensi e delle torbiere in Europa, e gli accidentali incendi delle foreste presentano spe-

(1) MARTINS CH., *Nature et origine des différentes espèces de brouillards secs* in *Journal de l' Institut*, 19 février 1851; — SCHMID, *Lehrb. der meteor.*, pag. 795.

(2) *Ann. scient. ital.*, Anno XII, 1875, pag. 346.

(3) Su questo argomento e sulle varie spiegazioni del fenomeno vedi: TACCHINI. *Sui crepuscoli del nov. e dic. 1883 e gen. 1884*, in « *N.a Antologia* » del 1 febbr. 1884, pag. 529; — FLAMMARION, *Les illuminations crepusculaires, La soleil vert et le cataclisme de Java*, in « *L'Astronomie* ». Anno III, 1885. pag. 19; — DENZA, *La luce crepuscolare* in « *Ann. scient. ed industr. ital.*, Anno XX. 1883, pag. 341; — *Crepuscoli singolari* nella « *Natura* », 1884, pag. 156; — CELORIA. *Crepuscoli singolari*, idem, 1884, pag. 37; — LENDENFELD, *Die Koincidenz des Nebelglühens mit dem Ausbruche des Krakatoa, in* PETERM. *Mittheil.*, pag. 334.

(1) PRESTEL, *Ueber den Moorrauch des Jahres 1857* in « PETERM, *Mitheil.* » 1858, pag. 106; — SCHMID, *Lehrb. der Meteor.*, pag. 792.

Digitized by Google

cialmente nell' America meridionale, fa sembrare strano lo scarso numero di pioggie d'inchiostro finora segnalate.

Assai frequenti e talvolta copiose sono le polveri giallognole o rossastre, che i tedeschi chiamano col nome di *passatstaub* o *polvere degli alisei* (1).

La loro esistenza è segnalata di consueto dal fatto che, in seguito a pioggia o a nevi sovente burrascose, le foglie delle piante e in genere gli oggetti esposti alla pioggia si trovano coperti di una polvere rossastra somigliante in molti casi a mattone pesto.

Allorchè cade assieme alla pioggia, l'acqua che ne proviene ne rimane naturalmente tinta; se cade assieme alla neve, allora ne ricopre la superficie a strisce dello stesso colore. Non tutti i paesi del globo sono egualmente esposti a siffatto fenomeno, che si mostra assai frequente lungo il versante alpino, in Italia e, più che altrove, in Sicilia e specialmente in seguito al predominio delle burrasche siroccali, onde il nome di *polveri siroccali*, dato da alcuni scienziati alle polveri raccolte in siffatte occasioni. Molte volte si potè riconoscere come tali polveri siano costituite o esclusivamente, o per lo meno prevalentemente, di materie terrose o sabbiose rapite dai turbini al suolo. Di tal genere sembrano essere molte delle polveri raccolte in Italia o nella Francia meridionale, e il cui esame microscopico palesò una decisa analogia colla polvere del Sahara, mentre le commozioni meteoriche che le accompagnavano, seguite con occhio diligente, confermando la provenienza, davano ragione del viaggio atmosferico attribuito a quelle polveri. In qualche caso, il luogo di loro partenza si trova molto più lontano. Per esempio, la gran pioggia di sabbia giallastra, segnalata tra il 15 e il 17 ottobre 1846 tanto a Nuova York, e alle Azzorre, quanto in Francia e in Italia, secondo ogni probabilità, proveniva dall' America meridionale e precisamente dalla Guiana.

(1) Oltre le solite opere, cnfr. nella Meteorol. del Mohn le note del RAGONA a pag. 133 delle note. poi EHRENBERG, *Uebersicht der seit* 1847 *fortgesetzten Untersuchungen über das von der Atmosphäre unsichtbar getragene reiche organische Leben*, Berlin, Vogt, 1871 in *Abhandlungen der könig. Akademie zu Berlin*, 1871 pag. I e 233; — TACCHINI, MACAGNO e RICCÒ, *Sulle polveri meteoriche di scirocco*, in *Annali della Meteorol. italiana*, Parte I, 1879, pag. 61 e seg.; — *Annuario scientif. ital.* molti art. del P. DENZA in *Anno VI*, 1869, pag. 117; *Anno VII*, 1870, pag. 640; *Anno VIII*, 1871 pag. 74; *Anno XIII*, 1876, pag. 133; *Anno XIV*, 1877; pag. 713; *Anno XV*, 1878. pag. 91 e 568; *Anno XVII*. 1880. pag. 613; *Anno XVIII*, 1881, pag. 859,866, ed altri scritti del Ragona, del Silvestri, del Tarry, del Bellucci ecc.

In questo caso, come in moltissimi altri di polveri terrose sollevate dai turbini, la « patente d'origine » vien fornita dall'esame microscopico e chimico della materia caduta e sopratutto da quelle degli organismi che vi si trovano mescolati. L'Ehrenberg, nei diligenti studî compiuti sulle polveri meteoriche, ha potuto scoprire numerosissime (non meno di 300) serie di forme organiche e distinte, viventi o no, ma in qualche guisa ad esse mescolate. Numerose si trovano fra queste le alghe, e fra altre quel *protococcus nivalis*, o *pluvialis* che, a seconda degli stadî di vita in cui si trova, ha virtù di colorare in rosso o in nero la neve, che casca con esso (1). Però specialmente l'esame di siffatti organismi e lo studio dell'andamento seguito dalle burrasche apportatrici delle pioggie colorate o sabbiose persuasero l'Ehrenberg, e dietro di lui molti altri dotti, che non sempre la provenienza loro, nemmeno allorchè si tratta delle polveri siroccali del Mediterraneo, è esplicabile coll'ipotesi di turbini che le abbiano sollevate dalla superficie del Sahara o da quella di deserti consimili. Anzi l'illustre chimico e naturalista tedesco, osservando il fatto, veramente strano, della uniformità di caratteri che presentano le polveri rosso-mattone da lui raccolte ed esaminate per oltre un trentennio (2), qualunque fosse la località, la stagione e le circostanze della loro caduta, anche nei casi di burrasche provenienti da direzione diversa da quella che necessariamente dovrebbero tenere le polveri sahariche, nonchè in quelli di latitudini assai elevate, credette di ricorrere ad una nuova teorica per esplicarlo. Egli cioè crede che la polvere siroccale sia costituita da una sorta di « nubi di polveri dell' atmosfera superiore, appartenenti a tutta la superficie terrestre », ma che si accumulano particolarmente fitte sopra la costiera dell' Africa occidentale, che stendesi fra il capo Bianco e il capo Bojador. Ivi la polvere atmosferica è di consueto tanto fitta, che quelle coste ebbero il nome di « coste nebbiose (nebel-küste) » e il mare adiacente di « mare oscuro ». Onde gli altri appellativi,

(1) La neve può tuttavia essere colorata in rosso in grazia ad un animaletto, che vive nel suo seno: *l'uredo nivalis*.

(2) Le pioggie di sabbia osservate da vari e registrate dall'Ehrenberg non salgono a meno di 536; delle quali 269 di *polvere rossa*. Di queste polveri rosse l'Ehrenberg stesso ne analizzò 70, e cioè 27 prima del 1847 e 43 dopo tale anno. Nell'assieme egli trovò in tali polveri abbondante la vita organica, rappresentata da 460 forme diverse e tutte invisibili ad occhio nudo. Pag. 93 e 129 della memoria citata.

Digitized by Google

coi quali l'Ehrenherg designava tale polvere siroccale, cioè « polvere rossa atlantica del mare oscuro e degli alisei » ovvero, più brevemente, « polvere del mare oscuro » (1). La lunga dimora di siffatte polveri nelle alte regioni atmosferiche ne rendono uniformi i caratteri; la loro finezza le rende trasparenti e quasi invisibili nei tempi ordinarî, e in pari tempo le mette in piena balìa delle correnti atmosferiche. Ora, la loro diffusione nell'atmosfera può ben originare una caduta di polveri in seguito ad una pioggia per semplice slavatura, ovvero ancora una specie di concentramento loro e una mescolanza colle polveri del suolo, in seguito ad un movimento ciclonico; ma d'ordinario il loro trasporto vien fatto col tramite degli alisei. Ciò spiega come, dato il loro notevole accumulamento sulla costa occidentale dell' Africa, dove, come vedremo a suo tempo, concorrono gli alisei, sia così frequente la caduta delle polveri rosse lungo il Mediterraneo, dove appunto gli alisei, rinforzati dalla colonna d'aria calda sollevata sopra il Sahara, finiscono collo spingerle.

Quantunque siffatta teoria sia appoggiata da fatti significativi e da autorità notevolissime, quali il Mohn e l'Hildebrand nella Norvegia e nella Svezia, il Ragona e il Silvestri in Italia, pure ancora non si può asserire che abbia avuto un'accettazione generale, essendo numerosa la serie dei dotti, che alle polveri rosse attribuiscono una provenienza locale e terrigena, piuttosto che generale e atmosferica.

Così, ad esempio, il Tarry in Francia, l'Hellmann in Germania (2), il Denza, il Tacchini e già il Secchi in Italia stanno per la provenienza essenzialmente, o almeno prevalentemente, saharica delle pioggie italiane di polvere e riferiscono quindi ad altre provenienze locali, come il deserto di Gobi, la steppa turcomanna, l'altopiano del Gran Lago Salato e consimili, le cadute di pioggie analoghe, non già identiche quanto alle sostanze rilevate in Asia e in America. Finalmente non escludono alla lor volta la mescolanza accidentale delle polveri, così sollevate dai venti nelle località indicate, sia con polveri meteoriche superiori, sia coi pulviscoli o colle impurità che incontrano nella regione che traversano o dove precipitano. Un prezioso contributo e a queste ricerche e a questa opinione venne fornito tre anni or sono dal grosso lavoro pubblicato dai signori Tacchini, Macagno e Riccò, che noi citammo in nota. Esso riassume le osservazioni e l'analisi di 50 polveri meteoriche cadute in Italia e specialmente in Sicilia, fra il febbraio del 1870 e il maggio del 1879, arrivando a conclusioni generalmente interessanti e in qualche caso nuove. Così esse confermarono la costante presenza in tali pioggie di sporule di ferro metallico, osservato già dal Tissandier (1), e non accennato dall' Ehrenberg, la presenza comune del *protococcus*, qualche notevole differenza fra le burrasche che accompagnano le polveri nel Mediterraneo e quelle dell'Asia centrale e finalmente la diminuzione dell'ossigeno nell'aria ogni volta che tale fenomeno si manifesti. La provenienza prevalentemente saharica di tali polveri risulterebbe chiaramente dal lavoro menzionato.

Finalmente allo Stoppani (2), che modifica in qualche parte così i concetti del Maury, pur accettandoli nell'essenziale, piace di credere che le polveri rosse siroccali siano provenienti dall' America Meridionale, d'onde le trasportano i contro alisei di sud-ovest, sui quali stanno sospese fino all'incontro delle correnti fredde polari. Quest'incontro e i movimenti ciclonici che ne derivano o che, formatisi nell'Atlantico, arrivano fino a noi, spiegano la frequenza di queste polveri nel Mediterraneo e il diverso modo con cui cadono in questo bacino e in quello delle isole del capo Verde, altra località dov'esse spesseggiano.

Però, oltre che delle polveri siroccali, qualsiasi la loro provenienza, l'atmosfera apparisce ogni qual tratto inquinata da altre sostanze che non sono il vapor acqueo, e nemmeno si debbono confondere colle polveri rosse o col fumo di prateria, cioè cogli altri fenomeni congeneri, ai quali accennammo. Tale inquinamento non è accompagnato da deposizioni di sostanze; ma sì invece è palesato da un certo oscuramento od intorbidamento dell'atmosfera, per cui la luce del sole riesce indebolita e gli occhi possono sostenerla senza pena, anche qualora l'astro sia alto parecchi gradi sull'orizzonte.

In qualche luogo della Germania il fenomeno è noto sotto la denominazione di *sonnen-*

(1) « Rothen atlantischen dunkelmeer und passatstaub » e « dunkelmeer staub ». Cnfr. le note del RAGONA (pag. 136) alla traduzione da lui fatta della Meteorologia del MOHN.

(2) *Ann. Scient. ital.*, XV, 1878, pag. 94.

(1) *L' Océan Aerien* citato, v. pag. 236. — Secondo lo Jung (*Ann. Scient. ital.*, XV., 1878, pag. 91), tali sporule di ferro dovrebbero essere di origine cosmica.

(2) *Corso di geologia*, vol I., pag. 20.

Digitized by Google

rauch (1) « fumo del sole » e pare che gli corrisponda, veramente con più largo significato, il « caligo » degl'Italiani, la « callina » degli Spagnuoli, il « gobar » degli Abissini (2). Il nome scientifico attribuitogli dal Secchi e da altri italiani è quello di *caligine atmosferica* o di *nebbia secca*, a cui corrispondono quelli di *höherrauch* o « polvere superiore, » o di *trockener hohennebel* o « nebbia secca superiore » e in Francia di *brouillard sèche, vapeur sèche.* L'origine sua però è ancora avvolta nel mistero. Fra le varie congetture finora emesse per darne ragione, più attendibili sarebbero quelle che attribuiscono la formazione di codeste nebbie secche: o ad influenze elettriche, o all'incontro della Terra con nubi cosmiche esilissime; — o alle polveri meteoriche provenienti dai bolidi o dalle stelle cadenti; — o alla presenza di materia caudale abbandonata da una cometa nel suo passaggio perigeo e diffusa nella nostra atmosfera o nella zona eterica ad essa più prossima; — o finalmente alla influenza delle protuberanze e delle eruzioni solari, col quale fenomeno sembrano avere una certa relazione. È curioso che talvolta essa precede la caduta di polveri; ma che il più spesso ne è del tutto indipendente. Qualche volta anche, come nel 1783, nel 1869 e in alcune località (Verona) anche nel 1881, mostrò qualche relazione coi fenomeni sismici; ma in modo incompleto e malsicuro. Per cui esso costituisce ancora uno fra i fenomeni più oscuri, che la scienza conosca.

Queste sono le principali forme che assumono le cosidette « immondizie atmosferiche », le quali adesso, sì per la quantità di materia, di cui sono costituite, sì per le circostanze da cui vengono accompagnate, sì per la possibile loro relazione colla diffusione dei miasmi e dei contagi, come finalmente per la frequenza delle loro comparse, si studiano con una cura pari allo spavento, col quale venivano osservate un tempo, allorchè le pioggie e le nevi rosse erano classificate fra i « prodigi ». Del resto oggidì fra i « prodigi » non si registrano nemmeno quelle più rare, anzi veramente eccezionali cadute di oggetti diversi, quali pollini di fiori, (le cosidette pioggie di zolfo), semi, foglie, pezzi di sale cristallizzato, larve, insetti perfetti (e specialmente locuste e scarafaggi), rane, pesci e consimili, che le effemeridi meteorologiche vanno a quando a quando registrando. Allorchè si tratta di animali muniti essi medesimi di organi acconci ad una propria locomozione aerea, com'è il caso delle locuste e degli scarafaggi, siffatte pioggie vengono ad avere una spiegazione ben semplice ed ovvia. In caso diverso, per dar ragione del fatto, bisogna ricorrere alla potenza del vento, che, soffiando « a turbo », ha capacità di sollevare dal suolo o dalle acque, e di travolgere nelle sue spire oggetti ed animali voluminosi e pesanti, come alla più volgare esperienza è noto.

(1) Od anche *heerrauch*, *haarrauch*, *landrauch*.

(2) Cnfr. l'*Annuaire météorol. de la France pour* 1851, t. 3., pag. 304, Paris, 1851.

3. I gas che costituiscono l'atmosfera non presentano la medesima densità. Ecco quale risultava al Regnault il loro peso specifico, supposto eguale ad 1 quello dell'aria, alla temperatura di 0° e alla pressione di 760^{mm}.

azoto	0.9714
ossigeno	1.1056
acido carbonico	1.5291

Il Regnault ebbe anche a determinare il rapporto che corre fra la densità dell'acqua e quella dell'aria. Gli risultò che il peso dell'aria secca a Parigi a 0° e a 760^{mm}. corrisponde a parità di volume ad $\frac{1}{773.28}$ di quello dell'acqua distillata, a 4° e a 760^{mm}.

Fatte le debite riduzioni e correzioni, gli apparve che un litro d'aria secca raccolto al livello del mare, a 45° di latitudine, alla temperatura 0° e sotto la pressione di 760^{mm}., riesce a pesare 1.^{gr} 292743. Confrontato cogli altri gas più importanti che si trovano nell'aria, ecco quale apparisce il peso di un decimetro cubo nelle condizioni accennate:

	Peso di un litro.
aria	1.^{gr}.2927
azoto	1. 256
ossigeno	1. 433
carbonio	1. 9774

Si sa poi che, oltre alle varie immondizie che notammo nell'atmosfera, molto comunemente vi si trova il vapor acqueo. Ora il vapor acqueo, secondo le determinazioni del Gay-Lussac, ha una densità ben inferiore a quella dell'aria, cioè eguale a 0.623, e il peso di un litro corrisponde a 0.^{gr}.806. Posto ciò, è facile comprendere come il peso specifico dell'atmosfera varî col suo stato di secchezza, cioè colla maggiore o minore quantità di vapore, con cui si trovi per avventura me-

Digitized by Google

scolato. Va ancora avvertito che i rapporti precitati e riguardanti la densità specifica dei gas non si mantengono costanti alle varie pressioni, non valendo egualmente per tutti i gas la legge del Mariotte o del Boyle, come già vedemmo.

Questo fatto e la circostanza che noi ignoriamo l'altezza e la configurazione effettiva dell' atmosfera non ci permettono di dedurre per questa via il peso complessivo dell'atmosfera; e ci inducono piuttosto a ricavarlo, e sempre soltanto con una larga approssimazione, studiandone la pressione a mezzo del barometro. Supposto quindi, come vedremo a suo tempo, che l'aria involga d'ogn'intorno la superficie terrestre in modo da far dovunque equilibrio a una colonna di mercurio alta $760^{mm.}$, il peso totale dell'atmosfera verrebbe a corrispondere al peso di una sfera cava di mercurio avente la superficie interna estesa a 510 milioni di chilom. quadr., e lo spessore eguale appunto ai $760^{mm.}$ accennati. Ritenuta pari a 13.6 la densità del mercurio a 0°, si verrebbe ad ottenere pel peso complessivo dell'atmosfera un totale di oltre 5000 bilioni di tonnellate (1). Peso veramente enorme, che tuttavia non sarebbe ancora eguale ad 1 milionesimo del peso di tutto il nostro globo.

Crediamo ancora opportuno avvertire che questo computo è suscettibile di una approssimazione maggiore, che condurrebbe, a dir vero, ad una certa diminuzione nel risultato finale. Imperocchè il supposto di una pressione uniforme pari a $760^{mm.}$, che si fa generalmente, è esagerato e fallace, se si tien conto, come va tenuto, della estensione degli altopiani e delle catene di montagne sul globo, mentre la pressione di $760^{mm.}$ vale pel livello marino. Però, siccome l'altitudine media dei continenti non supera, come vedemmo, i $600^{m.}$ (2), il che, distribuendone l'effetto su tutto il globo, non ne alzerebbe il livello di più che $200^{m.}$; la diminuzione di pressione media, che ciò porterebbe, sarebbe di forse soltanto 17 o $18^{mm.}$; e quindi ne rimarrebbe di ben poco alterato il risultato di 5000 bilioni di tonnellate, al quale giungemmo arrotondando le cifre e ad arte attenuandole.

4. L'aria atmosferica è un corpo oltremodo trasparente. Certi oggetti di forme recise e tinti a vivaci colori, quando siano di conveniente grandezza e l'aria non sia ingombra di nubi o di nebbie umide o secche, si vedono talvolta a distanze considerevolissime. Naturalmente sulla visibilità degli oggetti lontani esercitano molta influenza speciali circostanze talvolta personali, talaltra inerenti allo stato dell'atmosfera, ovvero ancora alla figura dell'oggetto e al suo colore, non soltanto in sè stesso, ma in relazione colle tinte degli oggetti dai quali è circondato (1). Corpi luminosi, quali i fari, si possono scorgere di notte a distanze grandissime, e parimenti di giorno gli elioscopi, che si adoperano per i rilievi geodetici, riflettono la loro luce a centinaja di chilometri di distanza, cioè fin dove lo permette la curvatura terrestre. A distanze maggiori di quelle alle quali possono giungere gli elioscopi diurni a specchi, arriva la visibilità dei segnali notturni a luce elettrica. Allorchè si trattò nel 1879 di collegare i triangoli geodetici europei a quelli dell'Africa, fra la Spagna e l'Algeria, era necessario servirsi di segnali visibili a distanze variabili fra 225 e 270 chilom. I segnali solari furono affatto insufficienti allo scopo, che potè essere raggiunto soltanto mediante i segnali a luce elettrica, talvolta visibili anche ad occhio nudo (2).

Della notevole diafanità atmosferica abbiamo prova continua nella osservazione notturna delle stelle poste a distanze che noi conosciamo enormi. La luce del sole diffusa nell'atmosfera nelle ore in cui quell' astro si trova sopra l'orizzonte, impedisce di poter vedere le stelle di giorno. Il vecchio asserto di Aristotile che esse siano visibili nelle ore diurne, guardandole dal fondo di un pozzo o mediante un lungo tubo, come quello, ripetuto sovente dai montanari, ch'esse si possano scorgere pure di giorno stando in luoghi assai elevati, pare non siano basati sul vero. Le esperienze di molti astronomi nel primo caso e quelle del De Saussure, dell'Humboldt, del Boussingault, dei fratelli Schlaginweit e di altri, sulle Alpi, sulle Ande e sull'Imalaia diedero finora sempre risultati negativi. Soltanto Giove e Venere si possono vedere talvolta a sole alto parecchi gradi sull'orizzonte (3).

La posizione degli oggetti e il loro proiettarsi sopra un fondo di un colore piuttosto che di un altro, hanno importanza notevolissima nel deter-

(1) V. pag. 182 di quest'opera.
(2) Pag. 289.

(1) Una spranga si vede da lontano meglio che un quadrato di pari larghezza. Oggetti bianchi su fondo nero si distinguono meglio che oggetti neri su fondo bianco.
(2) *Ann. scient., Anno XVIII*, 1881, pag. 7.
(3) HUMBOLDT, *Cosmos*, vol. 3.° pag. 62.

Digitized by Google

minare la loro visibilità. Così, ad esempio, le montagne, osservate dal basso, si scorgono a distanze assai grandi, perchè in tal caso la loro imagine si proietta sul fondo azzurro del cielo, sul quale spiccano nettamente i loro profili. Invece, se le stesse montagne vengono osservate da una cima più elevata o da un aerostato, in modo tale che la loro imagine si projetti sulla pianura o su altre montagne, la loro visibilità ne scapita oltremodo.

Questa ed altre consimili circostanze, come quelle provenienti dalle vicissitudini atmosferiche, dànno origine ad un'infinita differenza di giudizi e ad illusioni ottiche curiosissime, tanto nei paesi di pianura, quanto, e più sovente, in quelli di montagna.

Del resto, anche in ottime condizioni atmosferiche, la trasparenza dell'aria è tutt'altro che perfetta. Gli oggetti lontani non ci appariscono soltanto più piccoli, o, ed è lo stesso, sotto un angolo minore, ma non si distingue il loro colore, che sbiadisce sempre più, come, parimenti, s'indeboliscono i contrasti fra le ombre e le parti illuminate; da ultimo tutto si confonde in una sfumatura indefinita, a tinta indecisa, d'ordinario lattea e azzurrognola, che avvolge ogni cosa.

Una prova indiretta della imperfetta trasparenza dell'aria la si può avere dal semplice fatto, già da noi altre volte incidentalmente accennato (1), della diminuzione dell'effetto luminoso di un astro a misura che esso si allontana dallo zenit e si avvicina all'orizzonte, ovvero man mano che i raggi luminosi da esso emessi traversano l'atmosfera nel senso di uno spessore sempre più grande. Difatti, se supponiamo che una persona osservi un astro da un punto terrestre qualunque a (Fig. 445), sarà facile capire come, qualora l'astro si trovi verticale sopra il suo capo, cioè si trovi in z, lo spessore d'aria che i suoi raggi debbono attraversare, sia rappresentata dalla retta az, cioè sia minimo: e che invece, declinando l'astro, lo spessore venga rappresentato da rette sempre più grandi am, an, e da ultimo da una retta di grandezza massima ao, quando esso si trovi sull'orizzonte. Pel sole e per la luna, a verificare l'asserto, basta la più volgare esperienza; ma il fenomeno ha luogo egualmente per qualsiasi stella, anzi gli astronomi, ad esempio, sanno come le stelle di sesta grandezza, di consueto visibili ad occhio nudo, cessino di esserlo come si abbassino a meno di 10° sopra l'orizzonte, e a 3° o 4° scompaiano anche quelle di quinta grandezza, sempre ammettendo una limpidezza atmosferica normale.

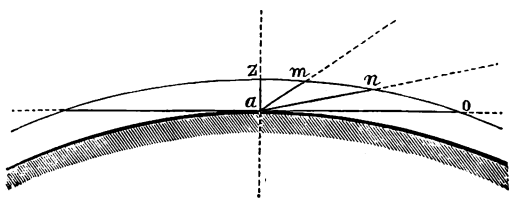


Fig. 445. — Spessore dell'atmosfera traversata da raggi variamente inclinati.

Un tempo, per ottenere lo spessore dello strato atmosferico che devono attraversare i raggi luminosi provenienti da un astro posto a una certa altezza sull'orizzonte, valevano le tavole ricavate dalle formule del Laplace sulla rifrazione atmosferica e basate sopra una stima dell'altezza dell'atmosfera evidentemente troppo piccola. Ne veniva una troppo grande differenza tra l'accennato spessore dell'aria, supposto l'astro allo zenit e suppostolo prossimo all'orizzonte. Difatti, secondo il Laplace, a 80 gradi di distanza zenitale lo spessore dell'atmosfera doveva essere 5.7 volte maggiore, a 85 gradi 10.2, a 90 gradi, 35.5 volte maggiore che non allo zenit (1).

Più conformi al vero e corrispondenti anche a riprove grafiche basate sopra un più grande spessore medio dell'atmosfera, sono i valori attribuiti allo stesso elemento dal Lambert. Eccone la tabella, nella quale è esposto lo spessore che devono traversare i raggi luminosi di un astro a seconda della varia sua distanza zenitale:

dist. zenit.	spessore atmosf.	dist. zenit.	spessore atmosf.
0°	1.0	80°	4.9
20	1.1	81	5.3
40	1.3	82	5.7
45	1.4	83	6.2
50	1.5	84	6.8
55	1.7	85	7.5
60	2.0	86	8.3
65	2.3	87	9.2
70	2.8	88	10.2
75	3.6	89	11.4
80	4.9	90	12.7.

Il che vuol dire che, allontanandosi dallo zenit, lo strato atmosferico traversato dai raggi luminosi sul principio cresce assai lentamente, non arrivando prima dei 60° di distanza zenitale ad esser doppio dello spessore minimo

(1) A pag. 55.

(1) *Ann. de l'Obs. de Montsouris*, 1884, pag. 31.

Digitized by Google

dell' atmosfera, ma poi s'aumenta con tanta rapidità da riuscire di quasi 13 volte maggiore all'orizzonte di quanto non sia allo zenit. Tuttavia, secondo l' esperienze del Violle (1), non così rapidamente decrescerebbe l'intensità luminosa degli astri, supposta l' aria perfettamente secca e libera da inquinazioni straniere. Ecco quale, secondo lui, sarebbe il rapporto di tale decrescenza:

Distanza zenitale	Intens. luminosa	Distanza zenitale	Intens. lumin.
0°	2.40	80°	1.87
20	2.39	81	1.81
40	2.36	82	1.73
45	2.35	83	1.64
50	2.33	84	1.54
55	2.31	85	1.44
60	2.27	86	1.29
65	2.23	87	1.12
70	2.16	88	0.90
75	2.06	89	0.64
80	1.87	90	0.36

In questo caso, perchè l' intensità luminosa di un astro venisse ridotta alla metà, sarebbe necessario ch' esso si abbassasse fino ad una altezza minore di 4°, sempre supponendo l' aria perfettamente secca e pura. Ma questa supposizione, noi lo sappiamo, e lo sapremo meglio in appresso, è infondata. Ond' è che, determinando sperimentalmente l'intensità luminosa del sole, il Bouguer, che al di fuori dell'atmosfera la stimava eguale a 10000, veniva a fissare il seguente ragguaglio a seconda delle varie distanze zenitali seguenti:

Distanza zenitale	Intens. lumin.	Distanza zenitale	Intens lumin.
0°	8123	85°	1201
40	7624	86	802
60	6613	87	454
70	5474	88	192
80	3149	89	47
85	1201	90	6

Il che significa che il sole all'orizzonte riesce 1354 volte meno splendido che non allo zenit, e circa 1310 volte meno splendido di quello che non apparisca al mezzogiorno del 22 giugno (giorno della sua massima altezza) alla latitudine media della valle del Po.

Ora, il fatto che quanto più è grosso lo strato d'aria attraversato dai raggi luminosi, tanto più si affievolisce lo splendore del corpo che li emana, è una prova palmare che la trasparenza dell' atmosfera non è perfetta. Lo stesso fenomeno del resto ha luogo riguardo ad imagini illuminate. A questa categoria spettano pure alcuni degli astri, quali i pianeti e la luna; anzi sovr' essi è più agevole praticare delle ricerche di questo genere, che non sugli oggetti terrestri, i quali si trovano necessariamente prossimi all' orizzonte, e quindi sono meno acconci a fornire un criterio del come la trasparenza dell'aria scemi rispetto all'aumentare della massa aerea. A rendere difficili gli sperimenti di questo genere concorrono parecchie circostanze accessorie, che fanno variare senza posa tale trasparenza e fra esse principale il grado e il modo d'illuminazione e la quantità di vapor acqueo diffuso nell'atmosfera. È noto, ad esempio, che certi oggetti lontani non si scorgono se non in certe ore del giorno e allorchè la luce batte piuttosto in una che in un'altra direzione; — è noto

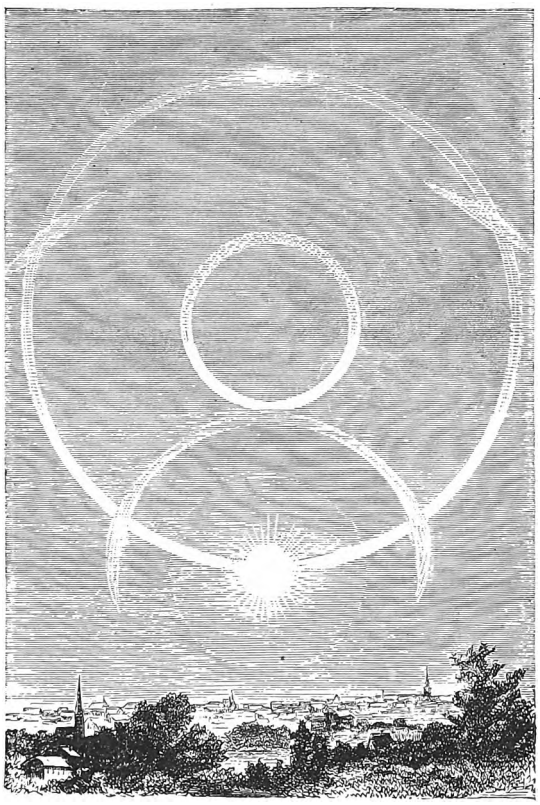


Fig. 446. — Alone solare.

ancora, per es., come, in seguito ai forti acquazzoni, diventi sorprendente l'avvicinamento delle prospettive, prodotto dall'accrescersi della trasparenza dell' aria in causa dello slava-

(1) Id. pag. 32.

Digitized by Google

mento che pratica la pioggia. Così Erm. Schlagintweit verificò una trasparenza decisamente maggiore nell' aria delle alte montagne che non nelle pianure (1).

Anche la presenza di una certa quantità di vapor acqueo allo stato invisibile accresce la trasparenza dell' atmosfera. Almeno con tale ipotesi si spiega la più netta trasparenza dell'aria nei giorni che precedono le pioggie, e il suo intorbidamento nelle cosidette belle giornate ed ancora la scarsa limpidezza dell'aria secca sovrastante ai deserti, se pure a produrre siffatta opacità non concorra in questo caso il pulviscolo che nelle zone deser-

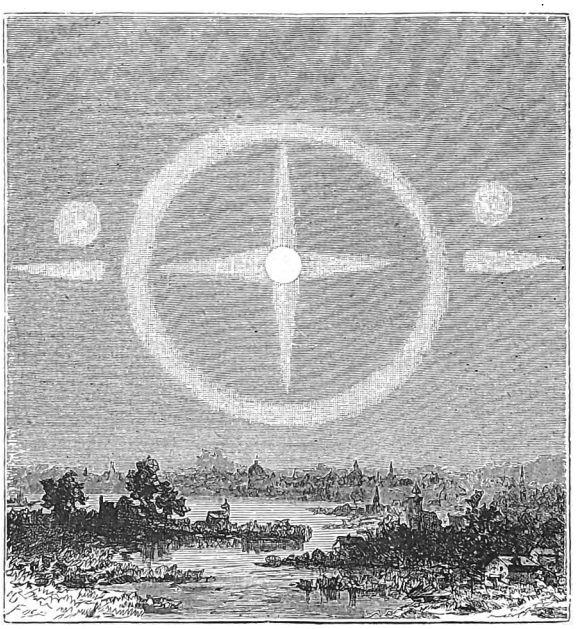


Fig. 447. — Alone lunare.

tiche si diffonde più copioso e più fitto nei bassi strati atmosferici.

Il De Saussure, coll'invenzione del *diafanometro* (2) avea indovinata la importanza di questo soggetto, che non va schierato fra quelli di semplice curiosità, per poco che si pensi come il poter valutare il grado di diafanità dell'aria possa rendere degli utili servigi al marinaio e al viaggiatore. Ma esso non trovò molti cultori ed è soltanto da pochi anni, a Berna, e dal 1882 a Moncalieri, che si praticano delle osservazioni sistematiche sulla trasparenza dell'aria, basandosi sul maggiore o minor grado di visibilità delle Alpi (3).

L'atmosfera ci si mostra solitamente colorata in azzurro, talvolta carico fino al turchino cupo, talaltra dolcissimo e leggero. Un problema interessante e difficile consiste nel sapere se questo colore azzurro è veramente proprio dell'aria o se esso proviene da un'azione ottica esercitata dall'aria sopra i raggi luminosi che l'attraversano. È certo che l'aria, in piccola quantità, è incolora, dacchè assume il colore degli oggetti che si scorgono attraverso ad essa; ma potrebbe anche darsi che essa fosse dotata di una tinta debolissima, apprezzabile soltanto allorchè la si potesse osservare in masse assai grandi. Il fatto, già indicato dal De Saussure, che le nevi delle montagne, anche se lontanissime, cioè guardate attraverso 150, 200 e più chilom. di aria, non assumono coloramento azzurro, darebbe ragione a credere che l'aria debba essere incolora. Per giunta, è notissimo il fatto che sulle alte montagne l'azzurro del cielo pare molto più cupo e profondo che non sulle pianure. « Più in su di 3000m il cielo pare oscuro e impenetrabile », avverte il Flammarion, « la sua tinta è grigio turchina oscura nelle regioni che circondano lo zenit: è turchino-azzurra nella zona elevata tra 40 e 45°, azzurro-pallida e quasi bianca vicino all' orizzonte ». Ora, se l' aria avesse un coloramento proprio, il cielo dovrebbe comparire di azzurro meno carico osservato dal pallone o da elevate montagne, appunto perchè il tratto d'atmosfera osservato da tali punti è minore di quello osservato dalla pianura bassa, di tutto lo strato che intercede fra le altitudini dei luoghi d'osservazione.

D'altra parte è noto che dei raggi luminosi del sole l' atmosfera ne assorbe alcuni, altri rifrange, altri finalmente riflette. I raggi rifratti sono di preferenza quelli dell'estremità rossa dello spettro; i raggi riflessi sono quelli della parte turchina. Naturalmente, a determinare una piuttosto che un'altra prevalenza di tinte hanno azione qui circostanze speciali: importantissime, fra le altre la densità dell'aria e la quantità di vapore acqueo che vi si trova allo stato invisibile. Anzi, mentre il Brandes, da principio, opinava che il colore azzurro

(1) Müller, *Kosm. Phys.*, pag. 383.
(2) Vedine la descrizione in Müller, *l. cit.*
(3) Sulle illusioni, che, fra altre cause, anche la diversa diafanità dell' aria ingenera nelle montagne, confronta Böhm, *Ueber optischen Täuschungen im Gebirge*, in *Zeitschrift des deutsch. u. oesterr. Alpenvereins*, Jahrg. 1882, pag. 161.

Digitized by Google

dell'atmosfera provenisse unicamente dal fatto che l'aria riflette i raggi azzurri, mentre lascia passare i rossi e i gialli più completamente degli altri; il Forbes, il Clausius e, dietro ad essi, la maggior parte dei fisici ne attribuiscono l'origine al vapor acqueo, così largamente diffuso nell'atmosfera medesima (1). Accettando le teorie di quest'ultimo scienziato, quali appariscono in qualche cosa modificate dal Müller, il colore azzurro dell'atmosfera dovrebb'essere prodotto da una serie di successive riflessioni che avvengono sulle bollicine d'acqua allo stato di vapore sospese nell'atmosfera. Una prima bollicina, riflettendo specialmente l'azzurro e trattenendo soltando parzialmente il violetto e il rosso, determina la formazione di quello che i fisici chiamano un azzurro *di primo ordine*, dove la prevalenza del raggio azzurro sugli altri è debolissima. Ma ripetendosi il procedimento sopra un'altra bollicina, l'azzurro di primo ordine verrà riflesso completamente, mentre il violetto e gli altri raggi, passando liberamente, vengono a perdere sempre più della loro intensità, cioè ad aumentare il predominio dell'azzurro. Così, procedendo indefinitamente, si può arrivare ad una colorazione azzurra intensa, ch'è il vero colore del cielo, prodotta da una serie di riflessioni successive, ognuna delle quali per sè sola sarebbe capace di dar origine solamente ad un azzurro sbiadito e biancastro. Accettando questa teoria, non è difficile comprendere la ragione delle graduazioni di tinte dell'atmosfera, differenti da luogo a luogo, da ora ad ora e sotto l'influenza di varie circostanze, che agiscono sul vapor acqueo e sulla sua diffusione in bollicole più o meno copiose, più o meno piccole. Forse nemmeno essa è tuttora completa. Diffatti, a parità di circostanze, secondo essa, l'azzurro dovrebbe essere più carico quanto maggiore fosse la massa d'aria traversata dalla luce, poichè tanto più numerose dovrebbero avvicendarvisi le riflessioni. Perciò l'azzurro del cielo dovrebbe essere più carico verso l'orizzonte, che non allo zenit; più carico nelle bassure che non nelle alte montagne. Realmente la osservazione comune basta a riconoscere come l'azzurro sia sempre più carico verso lo zenit e vada sbiadendo sempre più come ci avviciniamo all'orizzonte; e del pari le osservazioni metodiche compiute dal De Saussure e da altri, e confermate dalla generalità degli alpinisti, esaltano notevolmente l'azzurro profondo del cielo e dell'atmosfera contemplati dalle cime elevate dei monti. Però sì le circostanze accennate, come quella che nei paesi caldi e nelle regioni continentali l'azzurro apparisce più carico che non nei paesi freddi, sopra gli spazî oceanici e lungo le coste, mostrano che l'abbondanza del vapore acqueo aumenta il coloramento, qualora rimanga nell'aria allo stato invisibile; diminuisce, qualora passi allo stato visibile, onde certe velature di nebbia che danno all'atmosfera una tinta scialba e sbiadita. Di più, in molti dei casi accennati, va tenuto conto della influenza che può produrre su siffatto colora-

Fig. 448. — Gli spettri del Brocken.

(1) Müller. op. cit., pag. 400 e seg.; — Schmidt, op. cit. pag. 655, 920.; — Flammarion, *L'atmosfera*, pag. 137 e seg.

Digitized by Google

mento il pulviscolo atmosferico più copioso in alcune regioni, e senza confronto maggiormente negli strati prossimi all'orizzonte.

Anche a questo proposito, il primo a riconoscere la importanza di osservazioni regolari e metodiche intorno al coloramento del cielo fu il De Saussure, che inventò il primo

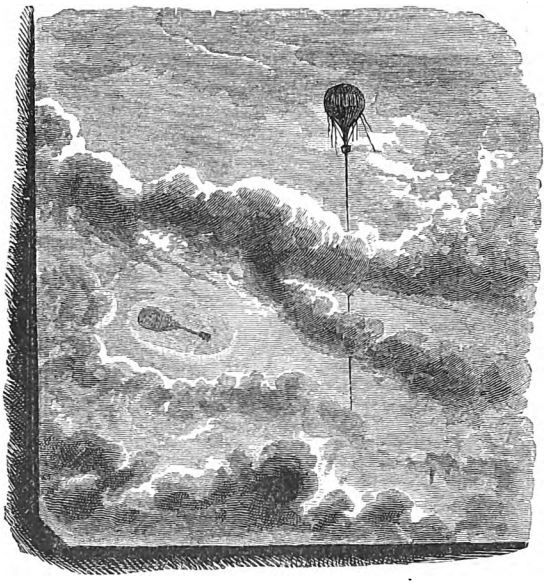


Fig. 449. — Imagine di un aerostato riflessa dalle nubi

cianometro, cioè il primo istrumento misuratore dell'azzurro del cielo, formato da una scala di 53 strisce colorate a tinte graduali interposte fra l'azzurro di cobalto e il bianco appena leggerissimamente tinto di azzurro. Più tardi questo strumento venne alquanto modificato dall'Humboldt, che ne ridusse la scala a 30 divisioni. Altro e più complicato cianometro si deve all'Arago, e da ultimo uno più semplice al Fornioni (1).

(1) *Ann. scient. ital.*, Anno XVIII, 1881, pag. 808.

Nè i fenomeni di riflessione si limiterebbero a quelli ora esposti. Così, ad esempio, buona parte della illuminazione diurna non è determinata dai raggi del sole che, traversando direttamente l' atmosfera, pervengono a noi, ma sì ancora dalla radiazione di tutta l'atmosfera. Nelle sperienze finora praticate, di consueto la luce diretta del sole supera quella irradiata dall'atmosfera: ma, specialmente sui monti, avviene che talvolta le due luci si pareggino, od, anche che la seconda superi la prima.

Altri fatti derivanti da questa riflessione, sia agente come causa isolata, sia come causa concomitante colla rifrazione, sarebbero quelli della *polarizzazione* e molti altri fenomeni, quali l'*arco baleno* (1), gli *aloni solari* o *pareli*, (Fig. 446), gli *aloni lunari* o *paraseleni*, (Fig. 447), gli *spettri del Brocken* (Fig. 448), le *imagini riflesse* sovente visibili nelle ascensioni aerostatiche (Fig. 449), senza contare i varî *miraggi* superficiali, cominciando dalla nostra *fata Morgana* o dalla *delibah* magiara e terminando colla *sete della gazzella* delle pianure indostaniche e consimili. Ma la loro trattazione, più propria naturalmente dell'ottica, ci porterebbe troppo fuori dei limiti prefissati a questo nostro lavoro (2). Gli stessi coloramenti dell'aurora e del tramonto, più vivi e spiccati e duraturi questi, più modesti e passeggeri quelli, e tutti prodotti dalla rifrazione che la luce solare prova traversando i bassi strati dell'atmosfera così ricchi di vapore, noi non possiamo ormai, menzionarli, se non con un cenno sfuggevole.

(1) Cnfr. in proposito di questo soggetto e del *Miraggio*: BERTACCHI, *L'arcobaleno*, Torino, Candeletti, 1883.

(2) Cnfr. del resto FLAMMARION, *L'atmosfera* a pag. 184 e seg.; — TISSANDIER, *L' Océan aérien*, pag 178 e seg.; — MÜLLER, *Kosm. Phys.*, pag. 413 e seg.

Digitized by Google

CAPITOLO II.

LA TEMPERATURA (1)

» .... Et por sa grandisme resplendissor (2) ne poons nos veoir de jor les estoiles, car lor lumiere n'a nul pooir devant la clarté dou soleil; car sans faille li solaus est fondemenz de toutes lumieres et de toute chalor. Et porce que sa voie se trait plus vers cele partie que nos apelons midi, avient il que cil païs est plus chaus de nul autre, où il a grandisme terre deserte où nules gens n'abitent por la force de la chalor. D'autre part, tant comme il se tire plus en bas midi et s'esloigne de nos, tant avons nos plus grant froit et graignors nuis, et en cele part est la nuit petite et la froidure meneur ».

BRUNETTO LATINI, *Li tresors*, ediz. cit., pag. 132.

1. L'atmosfera non si presenta solamente come il magazzino inesauribile che fornisce a noi, agli animali, alle piante i gaz dei quali tutti questi esseri han bisogno per vivere, ma essa è la sede di un'infinita serie di fenomeni, che, anche indirettamente, si collegano colla vita vegetale e animale. Il trasporto dei suoni, la diffusione della luce, e quella del calorico, sono da registrarsi tra le più importanti funzioni di questo genere che compie l'atmosfera, e più di tutte forse l'ultima, inquantochè il modo col quale si compie tale diffusione è a sua volta l'origine e il fondamento, secondo cui si svolgono altri ed interessanti fenomeni atmosferici.

Parlando del sole (3), noi, a più riprese, accennammo come in esso risieda la causa principale della diffusione del calorico sul globo. Causa principale sì, però non causa unica. Le fonti della temperatura del globo si possono far salire al numero di *tre*: *a*) calorico delle stelle; *b*) calorico proprio della Terra; *c*) calorico solare.

Non si può dubitare che le stelle, come quelle che sono altrettanti soli, emettano una certa quantità di calore, proporzionale alla grandezza ed alla singola energia termica che ciascuna di esse possiede. Del calore emesso dalle stelle alla Terra giunge una quantità piccolissima, stante la loro enorme distanza; ma ciò non toglie ch'esso non sia diffuso negli spazî eterei in quantità rilevante, e cioè in quantità relativa allo sterminato numero delle stelle medesime.

I tentativi però, compiuti per misurare mediante strumenti termomoltiplicatori la temperatura delle stelle, permise tutt'al più di venire a questo concetto, cioè che il calore da loro emanato debba contenersi, rispetto alla luce, nel rapporto stesso come si contengono il calore e la luce del sole. Certamente che è un problema difficilissimo quello di determinare a quanto ammonti la quantità di calore che la Terra riceve dalle stelle, dacchè noi non possiamo dissociarlo da quello proprio della Terra e da quello che proviene dal sole. Nè bastano a ciò le determinazioni della temperatura notturna, prima perchè in essa si comprende il calore terrestre proprio, e poi perchè nell'atmosfera, dove si fanno le determinazioni, permane intanto anche quello ricevuto dal sole nel giorno e conservato o trasportato dall'aria stessa.

Quanto intanto si può ritenere è questo: che il calore irradiato dalle stelle sia diffuso uniformemente negli spazî interplanetarî in modo che, stante l'enorme distanza delle stelle

(1) SCHMID, *Lehrb.* cit. pag. 64 e seg.; — MÜLLER, *Lehrb.* cit. pag. 445 e seg.; — MOHN, *Elementi* citati, pag. 15; — FLAMMARION, *L'atmosfera*, pag. 275; — HANN, *Handb. der Klimatol.*, qua e là; — HANN, HOCHST. u. POCK, *Allgem. Erdk.*, 1884, pag. 68, e in *Unser Wissen von der Erde*, a pag. 86 e seg.; — RÈCLUS, *La Terre*, vol. II., pag. 460 e seg.; — SUPAN, *Grundzüge*, ecc., pag. 28 e seg. — HUGUES, *Geogr. fis.*, pag. 191 e seg.; — LAPPARENT, *Geol.* pag. 84; — PESCHEL-LEIPOLDT, *Phys. Erdk.* pag. 138, ecc.

(2) Intendi *du soleil*, del sole.

(3) Vedi a pag 75 e s g.

Digitized by Google

medesime e la loro distribuzione nello spazio, esso sia uguale per le regioni circostanti ad uno come ad un altro pianeta, a Mercurio come a Nettuno, e ad un pianeta medesimo, per esempio, alla Terra, in due diverse epoche del suo periodo di rivoluzione. Condizione questa che avverte come, per la geografia meteorologica, sia meno interessante di quanto non sembri a primo aspetto la determinazione della quantità di calore dovuto alle stelle piuttosto che ad altre fonti.

Tuttavia si può andare ancora più in là. È certo che il calore emanato dalle stelle non giunge per sè solo ad inalzare la temperatura degli spazî interplanetarî fino alle condizioni favorevoli alla vita, almeno come siamo soliti a considerarla noialtri. Diffatti, per quanto l'atmosfera cooperi a scemare e a ritardare l'irradiazione notturna, noi conosciamo esempi di freddi terrestri, capaci di far discendere il termometro centigrado anche a—63°.2, come accadde a Werchojansc in Siberia, il 30 dicembre del 1871, o a—62°, come a Jacutsc, pure in Siberia. Ora, perchè la irradiazione possa produrre un siffatto abbassamento di temperatura, è necessario che lo spazio circostante, allora non riscaldato dal sole, ma soltanto dal calore stellare, sia notevolmente più freddo. Epperciò adesso non si potrebbe certamente accedere all'opinione del Fourier, che fissava a—50° o—60° del centigrado la temperatura degli spazî interplanetarî, e nemmeno a quella dell'Arago, che la abbassava a—60 o—70°; ma la si deve ritenere assai più bassa e probabilmente più prossima ai—140°, o—145°, come pensano il Frölich e il Pouillet (quest'ultimo fra gli estremi probabili di—175° e—115°) che non ai—97°, alla quale temperatura crede possa corrispondere il Liais (1).

Ammesso questo, potrebbe sembrar strana l'asserzione del Pouillet e del Mohn (2), che stimano la Terra riceva dalle stelle una quantità di calore non molto minore di quella ch'essa riceve dal sole, cioè eguale a circa $^5/_6$ di quest'ultima: qualora non si riflettesse che anche una temperatura di—140° o—145° è tuttavia ben lontana dallo zero assoluto, che si ritiene corrispondere a—273°.

Difatti, se supponiamo che la media temperatura del globo, qual'è attualmente, si possa far salire a 10°, che per arrivare a questa somma di calore siano concorse soltanto le forze termiche delle stelle e del sole, e che il calore stellare sia sufficiente a portare la temperatura dello spazio a—142°, in modo che esso abbia avuta la capacità di inalzare tale temperatura di 131°; l'opera del sole per arrivare ai + 10° dev'essere capace di produrre un nuovo inalzamento della temperatura di 142° + 10°, cioè di 152°. Epperciò i numeri 131 e 152 possono, col rapporto che corre fra loro, agevolmente designare gli effetti termici proporzionali delle stelle e del sole; e, siccome il primo sta al secondo come 86 sta a 100, o all'indigrosso, come 5 sta a 6, così l'asserzione accennata apparirà giusta, per quanto lo comporti l'argomento senza dubbio delicato e malsicuro.

E ch'esso sia tale, dopo le conclusioni precedenti, accettate dal maggior numero dei fisici, può anche risultare dalla discordanza che si nota fra il loro giudizio e quello di alcuni e autorevoli astronomi. Così il Faye (1), sia dal confronto della luce delle stelle con quella della luna, che poi egli ragguaglia ad $^1/_{800000}$ di quella del sole, sia con quella del sole, confronto possibile direttamente nelle eclissi, e fin a un certo punto indirettamente sulla base di ovvie congetture, viene a giudicare che il calore delle stelle debba essere molto, ma molto più piccolo di quello del sole, e quindi rappresentabile appena da una minima frazione del calore complessivo.

Se poi apparisce difficile determinare la quantità di calore emesso dall'assieme complessivo delle stelle, addirittura diventa impossibile determinare quella che proviene da una stella sola, sia pure la più brillante o quella a noi più vicina. Finora dei corpi celesti presi isolatamente ce ne fu uno soltanto, oltre il sole, del quale si potè apprezzare una influenza termica sensibile fino a noi, e questo corpo, come sappiamo (2), è la luna. Ma noi sappiamo ancora come il calore irradiato dalla luna non sia se non calore ricevuto dal sole e riflesso dalla sua superficie, e come d'altronde esso ascenda a una misura così piccola che, se pur è possibile a mezzo di delicatissimi strumenti percepirne un effetto rappresentabile per frazioni minime di grado, tale effetto, almeno finora, non si potè segnalare in modo sicuro nelle serie di osservazioni meteorologiche, pur accurate e discretamente lunghe, ormai da noi possedute, bastando a dissimu-

(1) Schmid, pag. 100 e seg.; — Müller, pag. 556; — Flammarion, pag. 286; — Cantoni, *Elem. di fisica*. Milano, 1873, pag. 352; — Pouillet, *Sur la chaleur du Soleil*. ecc. in *Comptes Rendus de l'Acad.*, VI, 1838, pag. 848, 889.
(2) Pag. 22.

(1) *Sur la météorologie Cosmique*, in *Ann. du Bureau des long. pour l'an* 1878, a pag. 623.
(2) Vedi a pag. 230 dell'opera.

Digitized by Google

larlo le solite cause di errore dalle quali tali osservazioni sono generalmente affette.

Non va tuttavia taciuto, a proposito di questo soggetto, come una tal quale periodicità nell'alternarsi dei massimi e dei minimi termometrici, avvertita da alcuni studiosi, sia da essi attribuita alla vicenda colla quale si succedono alcuni grandi fatti del sistema planetario: rotazione del sole e posizione della Terra rispetto a un supposto equatore solare di radiazione, combinazione di perigei e di apogei nei pianeti, rivoluzione lunare; fatti che possono essere considerati sia come fattori termici diretti, sia come forze agenti indirettamente, cioè per virtù della legge di tramutazione della potenza meccanica, che indubitatamente li lega alla Terra, in potenza termica (1). Lo stato ancora congetturale, in cui si trovano siffatte teorie, ci dispensa dall'occuparcene maggiormente.

2. Una seconda fonte termica si trova nel calore che la Terra stessa possiede (2). Qualunque sia la ipotesi, colla quale vuolsi esplicare questo fatto, certo è non soltanto che la Terra possiede una quantità notevole di calore proprio, ma che la temperatura delle sue parti interne è di molto superiore alle temperature che noi ordinariamente rileviamo alla sua superficie, e senza confronto poi superiore a quelle che alla sua superficie si possono riscontrare come effetto dei raggi solari agenti direttamente.

L'esistenza di questo calore interno della Terra è attestato da fatti molteplici, e di essi venne già tenuto parola nel corso della nostra opera (3), senza però che sia stato dato completo sviluppo all'argomento medesimo.

Ora, la importanza sua è apparsa sempre maggiore in questi ultimi anni, e del pari, in epoca recente, andarono sempre rendendosi più frequenti le ricerche e più ácconci i mezzi diretti ad estenderle e a renderne i risultati più sicuri e più concludenti. Ormai, si può dire, non si dà corso al trivellamento di un pozzo, allo scavo di una miniera, al perforamento di una galleria, senza che si approfitti della circostanza che fa penetrare l'uomo, non già, come si suole esprimersi iperbolicamente, nelle viscere del globo, ma almeno al disotto dell'epidermide terrestre, per istituire delle acconcie investigazioni intorno alla temperatura di quegli ascosi recessi e al modo con cui il calore si contiene nel sottosuolo.

È noto da lunghissimo tempo (e per la semplice esperienza volgare anche prima che gli strumenti venissero a confermarla) che nei sotterranei la temperatura si mantiene sempre molto costante, vale a dire, in altre parole, che in essi si manifestano assai piccole, od anche non si manifestano affatto, le variazioni giornaliere ed annue di temperatura, che han luogo alla superficie. Di solito, si cita come esperienza classica nella materia quella che, da oltre un secolo, si compie a una profondità di 29^m nei sotterranei della specola di Parigi (1). Difatti il termometro ivi collocato dal Messier nel 1776 e quelli più tardi ad esso sostituiti, e con esso paragonabili, diedero una temperatura quasi costante, eguale ad $11°7$ od oscillante, tutt'al più, fra $11°6$ ed $11°8$, quando la temperatura esteriore all'ombra potè variare nello stesso periodo fra $38°7$ (16 luglio 1782), e $-23°5$ (25 gennaio 1795), cioè compiere delle oscillazioni di quasi 62 gradi del centigrado (2).

L'affermazione di siffatta costanza della temperatura nel sottosuolo, già pronunciata nel 1785 dal Cassini De Thury, ebbe poi conforto dalle varie osservazioni indi compiute dal De Saussure, dall'Hamilton, dall'Humboldt, dal Munke, dal Quetelet e da altri ancora, onde si venne a riconoscere la esistenza di un limite nella penetrazione del calore esterno, per cui, oltre a tale limite, doveva aver principio uno strato a *temperatura invariabile*. Naturalmente, la profondità nella quale comincia questo strato a temperatura invariabile è diversa a seconda che si considera la variazione diurna od annua, a seconda dell'amplitudine di tale variazione, a seconda della natura e perciò della conduttività termica del suolo, a seconda finalmente che questo sia o meno coperto di vegetazione. Tuttavia, generalmente, si può ritenere che, a circa 1^m di profondità, l'effetto della variazione diurna della temperatura sia del tutto scomparso; mentre, per raggiungere

(1) DUPONCHEL, *Les variations de la temperature terrestre et leurs causes cosmiques*, in *Revue scientifique*, 1884. 20 déc., N. 25., pag. 769.

(2) CANTONI. op. cit., pag. 353; — FLAMMARION, *L'atmosf.*, pag. 333; — SCHMID, Op. cit., pag. 83, 84; — HANN, HOCHSTETTER. POCKORNY, *Allg. Erdk.*; pag. 87 e 252; — GATTA, *L'Italia, sua formazione*, ecc. Milano, Hoepli, 1882, pag. 18; — PESCHEL, *Phys. Erdk.*, vol. I., pag. 199; — SUPAN, *Grundzüge*, pag. 7; — GÜNTHER, *Geophysik*, pag. 300; — LAPPARENT, *Géologie*, pag. 366; — MÜLLER, *Kosm. Physik* pag. 564.

(3) Vedi difatti a pag. 235, 339, 390, e 502.

(1) Oltre le fonti citate, cnfr. l'*Annuarie de l'Observ. de Montsouris, pour l'an* 1877, pag. 126.

(2) Nel 1872, l'Osservatorio di Parigi fu levato dalla vecchia sua sede e trasportato a Montsouris, dove il 10 dicembre 1879 si osservò una minima assoluta di $-23.^{09}$, cioè alquanto più grande di quella ora accennata.

Digitized by Google

uno strato insensibile alle variazioni termiche annue, bisogna discendere a circa 25^m. Questo numero però vale specialmente per le alte latitudini, dove le stagioni si avvicendano ben diverse coi loro effetti termici. Fra i tropici, cioè laddove le temperature della superficie variano fra limiti molto ristretti, bastano pochi metri di profondità, 5 o 6 al più, per rinvenire lo strato a temperatura invariabile.

Siccome poi la temperatura di questo strato differisce di pochissimo dalla temperatura media dell'atmosfera soprastante, come avemmo occasione di accennare parlando delle fonti (1), la sua determinazione, in qualsiasi momento dell'anno, può giovare a conoscere tale temperatura media, per fissare la quale coi soliti metodi è mestieri di lunghe e delicate osservazioni. Va da sè tuttavia che la media in tal guisa determinata non può avere se non un valore di approssimazione.

Nelle regioni assai fredde, dove la media temperatura annua rimane assai vicina allo zero, avviene assai spesso che, qual si sia la stagione dell'anno e la temperatura esteriore, il sottosuolo si rinvenga gelato fino a profondità notevolissime. Già questo fatto era stato avvertito sin dal secolo passato, come si sa dallo Gmelin, che rammenta un pozzo scavato a Jacutsc, dove il terreno era gelato ancora alla profondità di circa 60^m. Altri scavi praticati pure Jacutsc, lungo le sponde del fiume Lena, allo scopo di trovare dell'acqua, mostrarono gelato il suolo ancora alla profondità di 116^m4 (382 p. ingl.), dove tuttavia la temperatura del fondo apparve variare fra —0°5 e —3°0. Questo accadde nel cosidetto pozzo di Schergin, le cui osservazioni, compiute fra il 1831 e il 1844, furono tema di parecchie comunicazioni del Middendorf all'Accademia di Pietroburgo (2).

Il fenomeno del sottosuolo gelato è, come si può agevolmente comprendere, di una grandissima importanza per la meteorologia non soltanto, ma anche per quanto concerne la vita vegetale ed animale, per cui parve opportuno segnare possibilmente i limiti fra' cui esso si manifesta. Così, al Peschel-Leipoldt (3) sembrò ch'essi possano essere segnati da una linea, la quale, partendo dalle foci della Tana nella Finlandia a 70° $^1/_2$ di latitudine settentrionale, discenda a Candalasca (67°), in tal guisa racchiudendo la intera penisola di Cola; si mostri al di là del mar Bianco, proprio a ponente di Mesen (66°); traversi gli Urali sotto il 62 parallelo; passi poco a tramontana di Tobolsc e a mezzogiorno di Tomsc (56°), s'incroci col lago di Baical (53°) a nord dello sbocco della Tungusca superiore; s'avvicini al 50 parallelo fra i 120° e i 130° di long. orient. da Greenwich, abbandonando il continente asiatico a settentrione delle foci dell'Amur (54°). Quindi resta compreso nella zona del terreno gelato tutto il Camsciatca, a nord del 58° parallelo, mentre nell'America il limite di cui parliamo ha principio al Norton Sund sotto il 64°, corre a mezzogiorno del Fort Simpson, abbassandosi poscia fino a toccare l'estremità settentrionale del lago Winnipeg (54°), e poscia la meridionale della baja d'Hudson (51°), per lasciar il continente Americano nel Labrador fra Nain ed Hoffnungsthal (56°), ma racchiudendo entro la cerchia gelata tutta l'enorme isola Groenlandese.

Il Wild, che si occupò a lungo del soggetto, crede che si possa accettare la isoterma annua di — 2°, quale limite generale approssimativo della zona a terreno gelato, badando però a questo che, qualora c'interniamo nei continenti e quindi verosimilmente ci eleviamo sopra il livello del mare, sulla quale base si segnano le isoterme, a limite di tale zona si debbano assumere isoterme meno basse in ragione di circa 1° per ogni 200^m d'altitudine. In tal modo, lungo un altipiano elevato 400^m sul mare, la zona del terreno ghiacciato avrà per limite la isoterma dello zero.

Parimenti va avvertito come lo spessore dello strato gelato varî notevolmente da luogo a luogo, non soltanto per effetto delle cause atmosferiche ed esteriori, ma anche a seconda della natura e della costituzione dei varî terreni. Così nel suolo siberiano sortumoso e tutto di origine alluvionale, il ghiaccio si trova tuttavia, come vedemmo, a un centinaio e forse a qualche centinaia di metri di profondità, mentre nella pur altrettanto fredda regione dell'America Inglese, dove anzi le estati presentano medie notevolmente più basse che non nella Siberia, il suolo granitico non permette se non la formazione di uno strato di ghiaccio affatto sottile e superficiale, con evidente vantaggio della vegetazione (1).

Ma, coll'affermazione dell'esistenza di uno strato a temperatura invariabile nel sottosuolo, il problema del calore terrestre non era stato intravvisto se non in una delle sue parti.

(1) Vedi a pag. 398.
(2) Cnfr. SCHMID, op. cit., pag. 89, 176.
(3) *Phys. Erdk.*, pag. 185.

(1) GUTHE-WAGNER, *Lehrb. der Geogr.*, 1.°, pag. 270.

Digitized by Google

Le ricerche medesime che concorsero a farlo riconoscere, del resto, dovevano condurre a conoscere un altro fatto e non meno importante di quello e cioè: che, oltrepassata la zona a temperatura invariabile, la temperatura intercrostale andava sempre aumentandosi in ragione della profondità. Lo stesso esempio, che noi chiamammo classico, tolto dai sotterranei dell'Osservatorio di Parigi, può esser sufficiente a dar indizio della cosa. Infatti la temperatura costante di quelle cave, profonde, come dicemmo, 29^m sotto il cortile dell'Osservatorio, si mostrò, nella media, di circa 11° 7, mentre la media annua di una serie lunghissima di osservazioni, compiute nello stesso Osservatorio, ma all'aria aperta e sopra il suolo, presenta il valore di 10° 7, cioè esattamente di 1° più basso di quello ora citato.

Ma, ben prima che le cave dell'Osservatorio parigino venissero fornite di strumenti misuratori della temperatura, la esperienza dei minatori aveva avvertito il crescere graduale della temperatura colla profondità; anzi la conoscenza di tale fenomeno, grazie al gesuita Kircher, fin dalla metà del secolo XVII, era ormai entrata nel dominio dei dotti, per cui si vedano ben presto prenderlo ad esame e farlo soggetto di ricerche e di studi un Boerhave, un Boyle ed altri moltissimi. Del resto, esso s'accordava facilmente con varî dei più noti fenomeni della vulcanologia, con quello delle acque termali e consimili.

Ad affrontare i varî problemi che ne provenivano ed a fornirsi di materiale sufficiente per determinare le leggi del fenomeno, sarebbero state naturalmente necessarie delle osservazioni diligenti e continuate nell'interno della Terra a profondità sempre maggiori. Per disgrazia, come avemmo già occasione di avvertire, l'uomo è appena penetrato sotto l'epidermide terrestre e del suo interno esso non può affermare di conoscere altro da quello che l'induzione gli permette di congetturare. Le massime profondità verticali alle quali esso è arrivato non superano i 1300^m sotto il il livello marino, se si prendono i pozzi o le miniere più profonde (1), cioè non arrivano ancora ad eguagliare un $\frac{1}{5000}$ del raggio terrestre.

Entro i limiti di quell'esiguo spessore della crosta terrestre ch'egli conosce, per raccogliere tali notizie egli potè ricorrere a tre generi di operazioni diverse dell'umana attività, che gli vennero in soccorso nella sua indefessa smania di sapere, cioè: ai trapanamenti artesiani; agli scavi delle miniere; alle perforazioni di gallerie per iscopi stradali e specialmente ferroviarî.

Le osservazioni così istituite in varî modi e in circostanze diverse lo condussero anzitutto a riconoscere, come legge costantemente vera per tutti i punti della Terra, questo: che, al di là dello strato termico invariabile, la temperatura cresce in tutte le ore del giorno e in qualsiasi stagione colla profondità; ma che, in pari tempo, è notevolmente diversa la misura di tale aumento a seconda dei luoghi e a seconda delle profondità. Ne venne quindi il quesito della necessità di determinare la cosidetta *profondità geotermica* o *grado* o *gradiente geotermico* generale per tutto il globo e particolare per le varie località. Già avvertimmo come, sotto il nome di *profondità geotermica* (*degré géothermique*, *geothermische tiefenstufe*, *geotermische gradient*) s'intenda lo spessore verticale di terreno (espresso in metri), che appare necessario perchè si manifesti un aumento di 1° centigrado nella temperatura.

La questione, con ciò, si riduce quindi a determinare con esattezza la temperatura dello strato invariabile e quella del terreno ad una certa profondità; ma, quando si passa all'atto pratico, è facile accorgersi che siffatte determinazioni vanno incontro a molte e gravi cause d'errore. Così le correnti sotterranee d'aria e d'acqua alterano accidentalmente la temperatura del sottosuolo, producendo delle strane anomalie; così la vicinanza di regioni vulcaniche, e certe speciali condizioni chimiche, la stessa presenza delle persone o della illuminazione artificiale nelle miniere e nei tunnel, possono condurre a conclusioni non accettabili.

Lasciando da parte gli spedienti cercati e proposti dai fisici per raggiungere la più sicura ed esatta percezione dei fenomeni geotermici, e supposto che i dati ottenuti siano tutti stati ricavati con metodo plausibile, è certo che finora furono segnalate delle discordanze notevolissime nella misura della profondità geotermica. Così, ad esempio, mentre per ottenere un aumento di 1° nelle miniere di Prizibran in Boemia occorre discendere di 69^m, nei pozzi dello stabilimento idraulico di Bootle, di oltre 71^m e, si vuole, nelle miniere di Minas Geraes, in Brasile, perfino di 87^m; si notarono in altri casi delle profondità geo-

(1) Vedi il nostro **Prospetto XXXI.**

Digitized by Google

termiche piccolissime. Di tal genere sarebbe quella di 15m.3, trovata dal Cordier, tra il 1823 e il 1825, nelle miniere carbonifere di Decize, o di 15m.4 trovata, nel 1877, dal De Marsilly in quelle d'Anzin, o quella di 13m.7 segnalata dal Matteucci, nel 1843, nello scavo di monte Massi, in Toscana (1), o finalmente quella, ancor più piccola, di 10m.5, rinvenuta nel pozzo artesiano di Neuffen, nel Würtenberg.

Curiosissimo a questo proposito è il contegno della temperatura nella miniera sulfurea della Boratella, presso Cesena (Fig. 450), come,

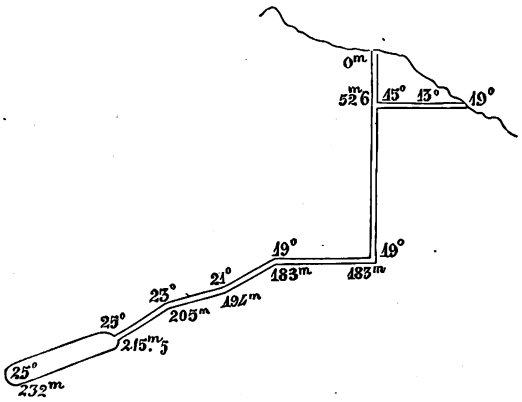


Fig. 450. — La temperatura nella cava della Boratella, presso Cesena.

il 30 aprile del 1881, fu rilevato dall' ingegnere Scheyer e come è ricordato dal Gatta (2). Nel giorno accennato, alla imboccatura esterna si segnalarono 19°, ma a soli 40m dall'apertura, sullo stesso piano orizzontale, si era già discesi al 13°, cresciuti poi a 15°, come veniva raggiunto il pozzo di sfogo, cioè a 52m.6 di dislivello dalla bocca superiore di questo e a 125m di distanza orizzontale dall'apertura esterna della galleria.

Alla profondità di 183m dall'orifizio superiore, il termometro segnava 19°, vale a dire un aumento di 1° ogni 32m.6, partendo sempre dall' incontro fra il pozzo e la galleria. Quindi a 194m segnava 21°; a 205m ne mostrava 23°, e a 215m.5, finalmente, 25°: il che vuol dire un aumento di 6° per 32m.5, ovvero l'aumento di 1° per ogni 5m.4! Però dai 215m.5 ai 232m, cioè lungo il cantiere della galleria, la temperatura si manteneva invariabile.

(1) MATTEUCCI, *Observat. relatives à la temper. des couches terrestres dans le puits*, ecc., in *Comptes Rendus de l'Acad.*, T. 15, pag. 957.

(2) *Italia, sua formazione*, ecc. pag 24.

Il Gatta non solleva dubbio alcuno sulla esattezza di tale osservazioni e del pari non mostra di dubitare ch'esse rappresentino una condizione di temperatura accidentale e precaria. Ora, per quanto l'eccezionale gradiente geotermico accennato possa essere parzialmente causato dal protendersi della galleria in senso orizzontale e quindi sotto una massa montagnosa di uno spessore sempre crescente, noi tuttavia pensiamo che, a determinare una siffatta anomalia e trattandosi di una cava di solfo, debbano probabilmente concorrere delle cause endogene.

Talvolta siffatte discordanze concernono località assai lontane una dall'altra o scavi praticati in costituzioni diverse di terreni, o soggetti ad influenze particolari; ma tal altra non avviene nulla di tutto questo. In generale si osserva, a mo' d' esempio, che i gradienti geotermici tendono ad essere minori negli strati carboniferi che non nei metalliferi; ma anche questo fatto non ha luogo sempre nè ugualmente, come fan fede le osservazioni del Phillips a Newcastle, dell'Hodgkinson a Manchester, dell'Houzeau nel Belgio e del Fox (1) in una miniera inglese, che diedero rispettivamente le profondità geotermiche di 33, 39, 34 e 41 metri. Se poi, riguardo alla esperienza praticata al monte Massi, si può trovare che la profondità geotermica in quella località possa essere influenzata da agenti vulcanici, la cui presenza nella regione è attestata dalle non lontane salse e sorgenti termali, questo non vale certamente per molti altri casi e tanto meno allorchè le discordanze si notano a brevi distanze, negli stessi terreni e tante volte nello stesso pozzo a varie profondità o ad epoche diverse.

Così, per esempio, il Marsilly, avendo praticato le sue ricerche in parecchi pozzi vicini alla miniera di Anzin (Francia settentrionale), che già citammo, ebbe una non trascurabile diversità di risultati, come appare dal seguente prospettino (2):

Pozzi	Profondità dello scavo	Profondità geotermica
Chabaud-Latour, 1.°	200m	26m.7
» » 2.°	185	20.7
» » 3.°	144	15.4
Renard	135	15.4

Le diversità provenienti dalle stagioni, come quelle già nel 1740 riscontrate dal Gensanne nelle miniere metalliche di Giromagny

(1) V. il LAPPARENT, pag. 371.

(2) *Revue de Géologie*, XIII., 7, Paris, Savy, 1877.

Digitized by Google

Digitized by Google

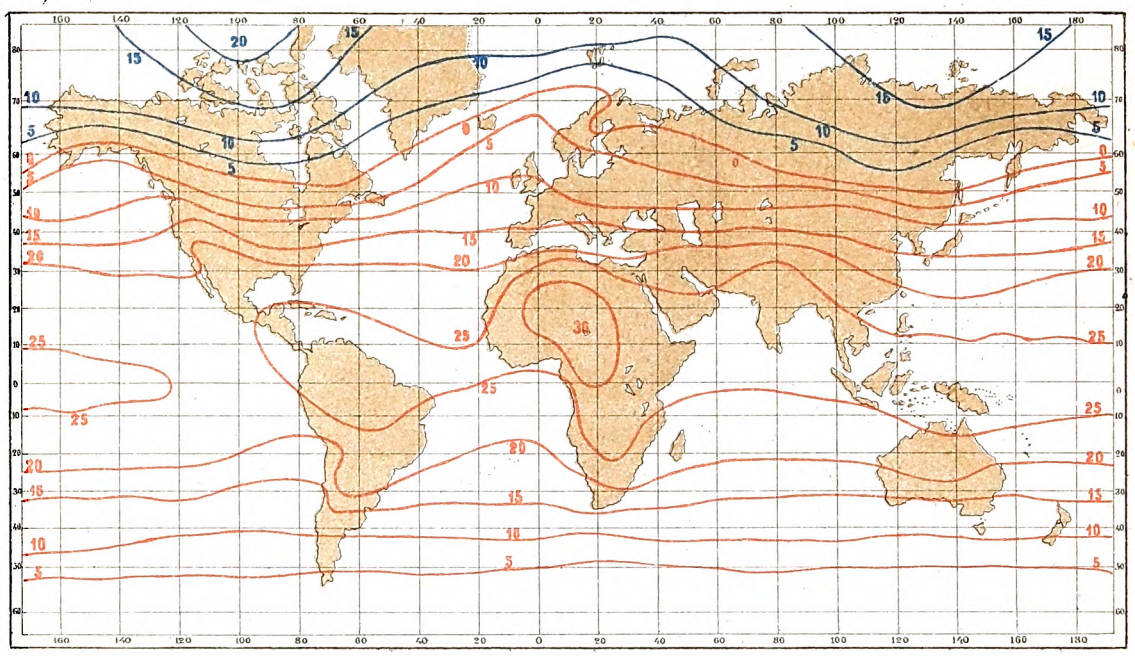
Tav. XI a), b), c), e d)

CARTA DEL

Linee di egua

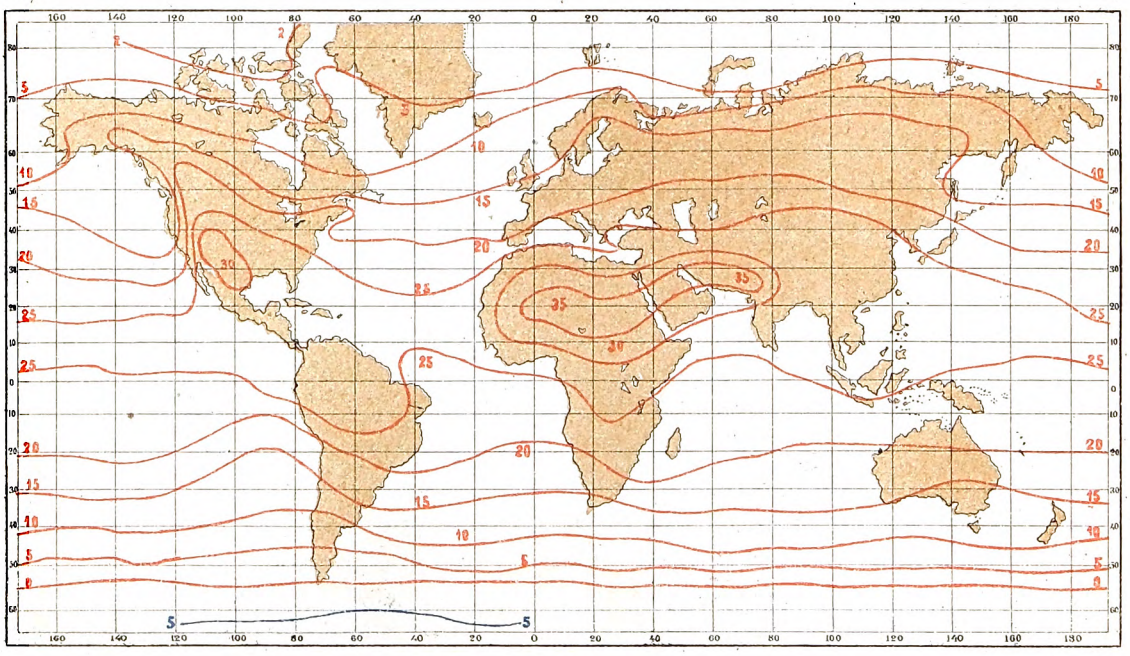
ISOTERME ANNUE

a),



ISOTERME DEL LUGLIO

b),



Le linee rosse indicano la temperatura super

Digitized by Google

Milano Studio Lit. Torati

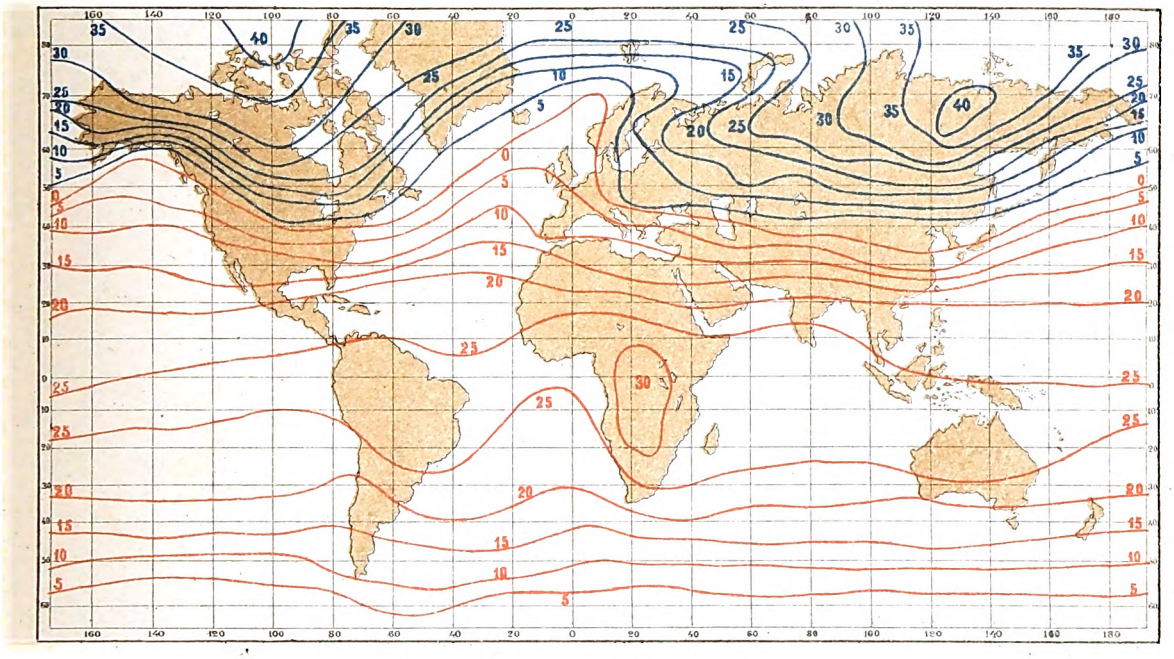
Casa editrice Dotto

LE ISOTERME

ua: temperatura

c)

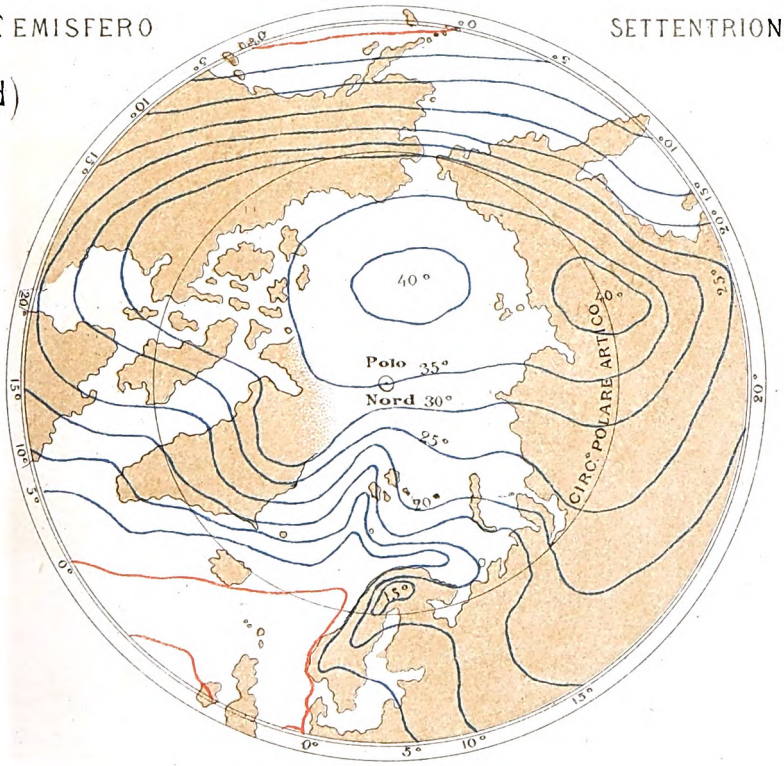
ISOTERME DEL GENNAJO



POLI DEL FREDDO

NELL' EMISFERO SETTENTRIONALE

d)



e. le linee azzurre la temperatura inferiore allo 0.°

Digitized by Google

Digitized by Google

presso Belfort, dal Fantonetti in Vall'Anzasca, dall'Humboldt nell'America meridionale, probabilmente provengono dai metodi imperfetti seguiti nelle prime osservazioni e dal fatto che allora si osservava piuttosto la temperatura dell'aria, che quella delle sorgenti interne o, il che è ancora più opportuno, quella della roccia propria, essendo facile che le correnti dell'aria esterna possano influenzare la temperatura ambiente di pozzi e di gallerie anche profondissime.

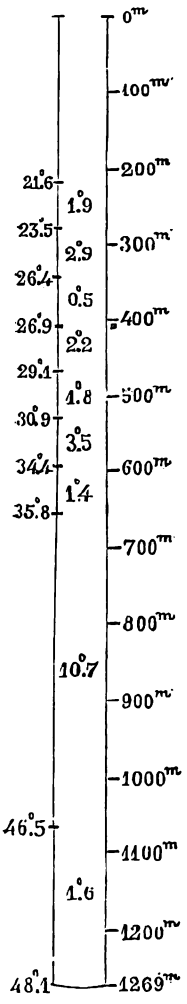


Fig. 451. La temperatura nel pozzo di Sperenberg.

Ma ciò che non si può escludere in nessun modo è la variazione del grado geotermico anche per una medesima località a profondità diverse. Così, tacendo di quella della Boratella, nella miniera di rame e di stagno di Wheal Abraham, nella Cornovaglia, il Lean trovava fra 73 e 110m una profondità geotermica di 26m.5; fra 110 e 227m quella di 32m.5; fra 227 e 329m quella di 46m.5; finalmente fra 329 e 366m quella di 16m. Non meno interessanti sono le divergenze segnalate dall'Arago nel pozzo di Grenelle, come appariscono dal prospettino seguente:

profondità della staz. di osservaz.	grado geotermico
fra 248 e 298m	23m
» 298 e 400	66
» 400 e 505	39
» 505 e 548	34

Queste stesse od analoghe anomalie si ripeterono altrove e nei pozzi artesiani e nelle miniere. Lasciando da parte i molti esempî che potremmo citare in proposito, ci accontenteremo soltanto di quello del pozzo di Sperenberg (Fig. 451), a 41 chilometri a mezzogiorno di Berlino, sia perchè si spinge alla veramente straordinaria profondità di 1269m, (4042 renani), sia perchè, salvo un breve tratto di terreno di trasporto superficiale, esso è praticato attraverso una massa uniforme di salgemma, sia finalmente perchè fu soggetto di speciali e diligenti ricerche condotte dall'ingegnere Dunker e per le quali il governo fu largo di aiuti e di mezzi (1).

Ecco quali furono i risultati delle determinazioni fatte a varie profondità:

Profondità in metri	Temperat. centigrado	Grado geotermico
220	21°6	
		33m1
283	23.5	
		21.6
345	26.4	
		125 6
408	26.9	
		28.5
471	29.1	
		34.9
534	30.9	
		17.9
596	34.4	
		44.8
659	35.8	
		37.7
1064	46.5	
		128.1
1269	48.1	

La tabella precedente mostra come, anche in una roccia perfettamente omogenea, si possano presentare delle anomalie geotermiche curiose. Difatti, mentre fra 345 e 408m, per l'aumento di 1° è mestieri discendere di 126m; per ottenere lo stesso risultato fra 534 e 596m, basta percorrere meno di 18m, cioè uno spazio 7 volte più piccolo. E l'anomalia si ripete daccapo, se si confronta con quasi tutte le altre la zona interposta fra le due stazioni più profonde.

Non essendosi forse tenuto il debito conto delle cause che potevano creare degli errori nelle varie osservazioni, un calcolo puramente teorico compiuto dal Dunker lo condusse a concludere per una così rapida diminuzione del grado geotermico coll'aumentare della profondità, da creare l'induzione che esso si riducesse allo zero, a 3420m di profondità, dove, invece di proseguire nell'aumento della temperatura, questa avrebbe incominciato a diminuire, cioè il grado geotermico sarebbe stato *negativo*. La conclusione inattesa trovò fautori ed oppositori; ma questi ultimi senza dubbio più attendibili e per numero e per autorità. Fra questi l'Henrich, rimessi allo studio gli elementi ricavati dal Dunker, arrivò invece ad una formula, secondo la quale il grado geotermico complessivo dato dalle osservazioni

(1) Vedi in proposito quanto si disse a pag. 531 (nota) di questa nostra opera. Oggi il pozzo di Sperenberg è già spinto a 1293m.

Digitized by Google

del pozzo di Sperenberg potrebbe variare fra $32^m.3$ e 33^m, con grande corrispondenza con quanto si riscontrò nelle più accreditate fra le esperienze dello stesso genere.

Difatti il medio grado geotermico si ritiene uguale a 31^m nei pozzi di Grenelle, di S. Andrea (Eure), di Muillelonge e di Torcy (entrambi al Creusot) e di Mondorf (nel Lussemburg); a 30^m in quelli di Rüdersdorf presso Berlino, di Kentish Town a Londra o nella miniera carbonifera, pure inglese, di Rosebridge; a 32^m nella miniera carbonifera di South Hetton, e a 34^m in quella di Radstock; anzi tale media di 32 o 33^m differisce di ben poco dalla media finale che risulta dalla discussione dalle esperienze istituite in 36 località diverse del globo e raccolte per conto dell'Associazione Britannica per l'avanzamento delle scienze (1). Questa ultima media è adunque eguale a $34^m.9$; mentre quella complessiva, dedotta da 63 esperienze raccolte nei nostri Prospetti, discende a $31^m.7$. Ma però un altro fatto devesi riconoscere, che cioè come questa ultima media risulta da elementi disparatissimi, così anche la semplice disamina delle esperienze praticate nel pozzo di Sperenberg mostra che, pur ammettendo ormai come indiscutibile l'aumento (per quanto noi sappiamo, indefinito) della temperatura e aggiungendo pure quello del gradiente geotermico colla profondità, la ragione di tale aumento è oltremodo variabile e va soggetta a numerose anomalie, (2) onde ancora riesce ben difficile fissare, come ambivano i dotti, delle *geoisoterme* o *ctonisoterme*, nella guisa stessa colla quale per le semplici isoterme atmosferiche si è fatto alla superficie terrestre.

Qualche luce nella determinazione di tali linee potè esser data dalle esperienze praticate nelle miniere a gallerie orizzontali, ma più ancora in quelle istituite nei numerosi tunnels che le costruzioni ferroviarie, così diffuse oggi giorno, resero sempre più necessari. Dei grandi tunnels finora scavati, in quello del Cenisio o meglio del Frejus (lungo 12233^m) fin dal 1870 si praticarono alcune ossservazioni per merito dell'ingegnere Felice Giordano (3), ed altre osservazioni pure vennero, tre o quattro anni or sono, istituite nel tunnel dell'Arlberg (lungo 10270^m); ma di esperienze sistematiche di questo genere, condotte su larga scala, finora si conoscono solamente quelle istituite dal dottore Stappf nel tunnel (lungo 14912^m) del Gottardo (1).

Nella galleria del Frejus l'esperienze furono compiute e nell'aria e nelle sorgenti e in fori profondi nella roccia, incominciando dalla imboccatura meridionale e proseguendo con 15 stazioni diverse fino a 7008^m da tale imboccatura. La massima temperatura, sì dell'aria (30^o1) come della roccia (29^o5), fu riscontrata alla stazione 12ma, cioè a 6450^m dalla imboccatura e dopo di essa la temperatura daccapo si mostrò decrescente. Ora, tale punto soggiace verticalmente alla sommità della montagna, il che dunque significa che anche in questo caso si verifica la legge dell'accrescimento della temperatura colla profondità. Misurando quindi lo spessore della roccia sovrastante verticalmente alla stazione 12^a, già elevata 1295^m sul mare, si trova che esso è uguale a 1610^m, epperciò la sommità della montagna dev'essere di 2905^m (2). Assumendo a base le medie temperature alpine delle stazioni meteorologiche circostanti, ovvero quella della valle del Po sotto il parallelo di 45° (cioè pari a 13^o5 del centigrado) e tenendo conto di una diminuzione della temperatura per l'altezza pari a 0^o53 per ogni 100^m (3), si può assegnare alla vetta del Frejus una temperatura media annua non molto diversa da $— 2^o0$. Con ciò, fra la roccia alla stazione 12^a e la vetta del monte si avrebbe una differenza di temperatura pari a 32^o5, che, divisa fra i 1610^m di spessore, dà un grado geotermico medio eguale a circa $49.^m5$ per un grado centigrado. Ripetendo analoghe operazioni per le stazioni precedenti, si trova un grado geotermico alquanto minore, cioè di circa 47^m fra 2000^m e 5000^m, e di circa 37^m a meno di 2000^m di distanza dalla bocca della galleria. Questo fatto suggerì la prima idea di una legge che venne poscia confer-

(1) Vedi il nostro **Prospetto.**

(2) Vedi anche i recenti risultati della esatta serie di osservazioni praticate nella miniera di Forman nella Nevada (America), come son pubblicati dal Wolcott Brooks (*Geogr. Jahrb.*, 18°4, Gotha, Perthes, 18°5, pag. 9).

(3) Vedi *Annuario scient. ital.*, Anno VIII, 1871, pag. 402; — LAPPARENT, pag. 337; —GATTA, *L'Italia, sua formaz.*, pag. 13 e seg.

(1) KOCH Dr. G. A. *Erdwärme und Tunnelbau im Hochgebirge*, in *Zeitschrift des d. u. oest Alpenv.*, 1882. B. XIII, pag. 69. Alcune osservazioni di questo genere furono istituite anche in una delle gallerie secondarie della ferrovia del Gottardo, cioè nel tunnel spiraliforme di Pfaffensprung. In questo, il grado geotermico, dedotto da uno spessore di 430^m soltanto, apparve eguale a 32^m per 1 cent.

(2) Secondo i computi allora istituiti; ma veramente la sommità del Frejus è di 2944^m.

(3) LUIGI AURELIO, *Sulla variazione media della temperatura in Italia con la latitudine ed altezza*, in *Annali dell'uff. centr. di Meteor*, Roma, Sinimberghi, 1883: — DENZA, *Sulla variazione della temperatura secondo l'altezza*, in *Boll. dell'Ass. Meteor. ital.*, agosto 1883, pag. 114.

Digitized by Google

mata negli esperimenti istituiti nella galleria del Gottardo: vale a dire che il gradiente geotermico cresce notevolmente sotto le sommità acuminate, in modo che, per trovare l'aumento di 1° nella temperatura, bisogna discendere di una quantità molto maggiore che non nel piano o nelle vallate. Da quest'azione, diremo quasi refrigerante, delle cime proviene una figura particolare, che si deve attribuire alle geoisoterme, e che, qualora si verificasse anche a notevoli profondità, darebbe origine a curiose anomalie.

Nell'interno del Gottardo, nel 1876 e 1877, cioè prima che la galleria fosse finita, lo Stapff verificò una temperatura media della roccia di 30°4 nella parte centrale della galleria, e, siccome lo spessore della montagna sovrastante si può ritenere di forse un centinaio di metri maggiore che non fosse sul Cenisio, il grado geotermico anche in questo caso apparve assai grande, cioè molto prossimo a 52 metri. Senonchè qui le anomalie speciali furono maggiori, fors'anco in grazia del profilo assai accidentato della montagna sovrastante. Così il gradiente geotermico, tra 2800 e 2900^m dalla imboccatura settentrionale della galleria, sotto il piano di Andermatt, apparve eguale a 20^m.5, e sotto i ripidi pendii di Wannelen, a 4300 o 4400^m dalla stessa imboccatura, montò a 42^m. 6. Dal lato meridionale, fra i 3800 e 4200^m dallo sbocco, cioè sotto il lago Sella, esso diventa di 45^m, e nel tratto sottostante alla cima Loitamisura, e interposto fra 2000 e 2200^m, arriva alla cifra, veramente assai alta, di 62.^{m}3. Il dottore Stapff, discutendo accuratamente i risultati ottenuti, viene ad assegnare al grado geotermico del terreno nella massa del Gottardo un valore medio di 48.^{m}4.

In pari tempo, però, egli trova opportuno di concludere come il profilo geoisotermico in esso sia decisamente modificato da quello del terreno sovrastante alla galleria. Difatti l'interno del suolo, a pari profondità, apparisce decisamente piu freddo sotto le cime che non sotto le vallate e le pianure, sì per virtù della nota legge della diminuzione che la temperatura esterna subisce sempre in ragione dell'altitudine, sì perchè realmente sotto le cime di montagna la temperatura della roccia, andando verso l'interno del globo, s'aumenta più lentamente. Riconoscendo come probabile causa di quest'ultimo fatto la dispersione maggiore di calorico che le alte cime provano per la maggiore superficie irradiante, che a parità di volume presentano, qualora si volesse graficamente esporre la legge mediante linee geotermiche, converrebbe disegnarle parallele fra loro sotto le pianure e invece alquanto divergenti sotto le cime, dove il grado geotermico, lo sappiamo, è maggiore. Il Koch, in proposito del Gottardo presenta, a saggio della cosa, una figura come quella che riproduciamo (Fig. 452), nella quale la linea

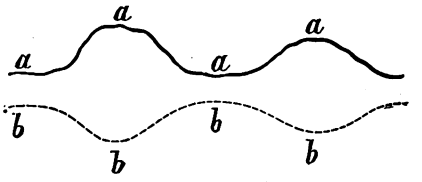


Fig. 452. — Linee isotermiche nelle regioni montuose.

aa rappresenta il profilo del monte e la *bb* quello di una linea isotermica alquanto profonda.

Qualora la stessa legge continuasse ad insistere a grandi profondità, si verrebbe quindi ad ottenere nelle linee geotermiche delle incurvature simmetriche ed opposte a quelle del terreno sovrastante. Però, nulla c'induce a ritenere che tale regola prosegua ad esser vera indefinitamente, anzi è probabile, a nostro avviso, che l'influenza refrigerante delle protuberanze terrestri cessi ad una certa profondità, e quindi che allora le linee geotermiche perdano le loro forti creste e si riducano o parallele fra loro e orizzontali, o accompagnino soltanto con dolce curva le accidentalità della superficie, come può apparire dalla nostra figura (Fig. 453).

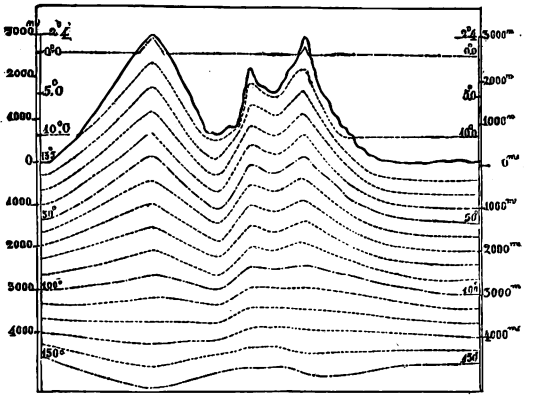


Fig. 453. — Andamento delle linee geotermiche nelle regioni montuose.

Al quale proposito è curioso il raffronto che a noi, ormai edotti delle temperature dei fondi oceanici, non può sfuggire. Difatti ci è

Digitized by Google

noto come negli oceani aperti, a profondità pari o maggiori di 5000^m, la temperatura delle acque del fondo, e quindi quella del fondo medesimo, sia molto prossima allo zero, anche nella zona torrida. Ora, anche scegliendo una zona di media latitudine (45°) e di media temperatura (13°5), poco elevata sul mare, e accettando i 32^m accennati, a designare il valore del grado geotermico, la temperatura del sottosuolo nell' interno di un continente, anche solo a quella stessa profondità di 5000^m, non sarebbe minore di 170° e diventerebbe di forse 280°, se si prendessero a confronto i più profondi abissi oceanici. D'altronde, nell'interno delle rocce costituenti le più eccelse cime dell' Imalaia, la geoisoterma dello 0° deve probabilmente trovarsi a 6500 o forse a 7000^m. Epperciò la stessa geoisoterma dovrebbe contorcersi notevolissimamente, costretta non già a seguire la curva normale del geoide, ma ora a spostarsi superiormente, ora inferiormente ad una linea regolare concentrica a detta curva normale per un valore di 7 od 8000^m in più e in meno dalla media, cioè dando luogo ad un'amplitudine di forse 15 chilometri.

Ma probabilmente quella media dei 32^m attribuita al grado geotermico, se vale per la zona superficiale del sottosuolo, è troppo piccola, qualora si voglia scendere a profondità maggiori. L'aumento del gradiente geotermico col crescere della profondità, già mostrato da parecchie delle osservazioni che noi adducemmo, sarebbe confermato anche da una nota esperienza del Bischof. Presa una sfera di basalto di 0^m.75 di diametro, due giorni dopo la fusione, il dotto fisico tedesco assunse ad esame le temperature ch'essa presentava nel suo interno, a varie distanze dalla superficie. Ed ecco ch'egli trovò:

1.	al centro	una	temperatura	di 192°
2.	a 0^m 114	dal	centro	» » 170
3.	» 0^m 185	»	»	» » 156
4.	» 0^m 247	»	»	» » 137

Dividendo la sfera in due sfere concentriche giusta la metà del raggio, si trova che nella sfera interna la diminuzione della temperatura è di 1° ogni 5 millimetri: mentre nella metà esteriore essa è dapprima di 1° ogni 3, e da ultimo, presso la superficie, essa è rapidissima, cioè circa 1° per ogni millimetro. Il che significa, anche in questo caso, che il grado geotermico aumenta in ragione della distanza dalla superficie, cioè in ragione della profondità. E alle stesse conclusioni vennero altri sperimentatori mediante metodi e ricerche diverse, senza però che ne venisse finora seriamente infirmato il principio dell'accrescimento della temperatura colla profondità. Solamente esso si deve adesso ritenere più lento di quanto si giudicava un tempo, qualora noi ci approfondiamo notevolmente sotto la superficie del globo. Però, anche se per ottenere il grado geotermico medio, si raddoppiasse e si triplicasse il rapporto di 32^m per 1° centigrado, che si accetta come medio per la parte più superficiale della crosta terrestre, saremmo egualmente tratti ad indurne altissima la temperatura interna del globo a profondità non grandi a paragone del suo raggio. Supposto adunque un grado geotermico medio di 100^m per 1°, ed eguale a 0° la temperatura della superficie, già a *dieci* chilom. da questa si avrebbe raggiunto il punto di ebollizione dell'acqua distillata (100°); a *cento* chilom. si avrebbe raggiunto la zona dei 1000°, e quindi (qualora le condizioni di pressione rimanessero inalterate) quasi tutti i metalli a noi noti, fino al bronzo (900°) e all'argento (954°), apparirebbero fusi; a *cento* e *cinquanta* chilometri di profondità, sotto una temperatura di 1500°, si sarebbero man mano liquefatti il rame (a 1050°), l'oro (1250°), l'acciaio (da 1300 a 1400°) e il palladio (1500°), e resisterebbero soltanto il platino, che si fonde a 1775°, e alcune delle roccie più refrattarie, quali le trachiti e i basalti, che forse esigono per liquefarsi un calore di 2500 o 3000°. Ma anche queste ultime, a *trecento* o *trecento* e *venti* chilom. di profondità, dovrebbero essere fuse: eppure non si avrebbe percorso se non $^1/_{20}$ del raggio terrestre.

Le acque termali, ma sopratutto i fenomeni gaiseriani e vulcanici in genere, son lì a confermare il fatto di così enormi temperature, che devono, giusta le nostre illazioni, dominare nell'interno del globo. Però anche qui giova por mente a non arrischiare deduzioni, basate sopra congetturali analogie col pochissimo che conosciamo intorno la sottile crosta terrestre da noi direttamente esplorata. L'interno del globo dev'essere sottoposto a condizioni sì dinamiche come chimiche, così speciali, da ingenerare un modo di essere termico pure speciale e forse diverso da quello che siam soliti ad osservare alla superficie del nostro pianeta. Però, siccome la logica più elementare c'insegna di arguire l'ignoto da quanto avviene nel campo a noi noto, così fin adesso dobbiamo ritenere quanto

Digitized by Google

risulta dal già esposto, cioè: 1) che la temperatura del globo va crescendo dalla superficie al centro, secondo una legge costante, ma tale secondo cui l'accrescimento è più rapido alla superficie e più lento verso le parti centrali; 2), che, nella stessa parte superficiale, l'accrescimento e più rapido nelle pianure e più lento nei terreni sottostanti alle alte montagne; 3) finalmente che la bassa temperatura dei fondi marini deve essa pure influenzare notevolmente le condizioni della temperatura delle parti sottostanti agli oceani, per cui è permesso di arguire che le linee geoisotermiche, sì per causa delle montagne come per quella dei mari, procedano più o meno incurvate fino a profondità abbastanza ragguardevoli.

Arrivati così, dopo lungo cammino, a queste conclusioni, ci rimane ancora un altro quesito, cioè quello della influenza che il calore proprio del globo può esercitare sulla temperatura dell'atmosfera nella quale viviamo, temperatura che appunto è oggetto di trattazione nella presente parte della nostra opera. Questa influenza, grazie alla forma del globo, noi dobbiamo giudicarla omogenea dovunque sulla sua superficie, salvo laddove speciali condizioni permettono che il calore degli strati interni del globo venga rapidamente addotto alla superficie. Queste eccezionali condizioni si verificano nelle località dove avvengono emissioni di sorgenti termali e manifestazioni di attività vulcanica, e là realmente l'influenza del calore interno non si può disconoscere. Però, siccome lo spazio dove tali fenomeni han luogo è estremamente limitato rispetto allo spazio terrestre, così anche per chi considera l'assieme dei fenomeni meteorologici, l'influenza del calore terrestre, valutata appena a $^1/_{30}$ di grado, e giudicata uniformemente distribuita sulla superficie del globo, può essere completamente trascurata, trattando della distribuzione del calore su tale superficie.

3. Ma fra tutte le fonti di calore, che concorrono a formare le specifiche condizioni della temperatura terrestre superficiale, il posto più importante è occupato dal sole. Per noi e pel nostro soggetto, poi, siffatta fonte di calore si presenta interessante non soltanto per la sua efficacia superiore alle altre; ma perchè, mentre l'effetto di queste si può considerare uniforme e costante almeno per periodi lunghissimi di tempo, l'azione del calore solare si manifesta continuamente variabile ed è a sua volta la causa essenziale e, fino a certi limiti unica, della incessante mutabilità della temperatura terrestre.

Ora, siffatte variazioni dell'azione termica solare sul globo nostro, variazioni così connesse con tutto l'andamento del clima e con tutti i fenomeni biologici, potrebbero alla lor volta provenire da mutazioni proprie del sole o da diversità di rapporti fra il sole e la Terra, od essere proprio dipendenti da diversità di circostanze terrestri.

Trattando del calore proprio del sole (1), noi affermammo la sua notevole costanza; ma in pari tempo indicammo come forse non si possa assolutamente disconoscere l'esistenza di un certo accordo fra il noto periodo di abbondanza e di scarsezza delle macchie e l'andamento della temperatura terrestre, e parimenti fra questo e la rotazione del sole. Secondo tale accordo, parrebbe che il potere emissivo termico del sole diminuisse in ragione dell'aumentare delle macchie medesime, e, secondo alcuni dotti, fosse per giunta diverso a seconda dei varî meridiani solari.

Questa teoria, per quanto pure confortata da osservazioni e da computi importanti, ha, senza dubbio, bisogno di essere confermata. Certo è altresì che, anche ammettendo siffatta relazione, gli effetti da essa determinati sul globo sono così esigui e sfuggevoli, che riesce difficilissimo afferrarli e determinarne il valore.

Teoricamente più considerevoli dovrebbero essere le variazioni della quantità di calore che la Terra riceve dal sole, a seconda della distanza che separa i due astri.

Secondo quanto ci è già noto (2), la eccentricità dell'orbita terrestre conduce il nostro globo, rispetto al sole, da una distanza massima, *afelio*, a una distanza minima, *perielio*, e viceversa, passando per una serie infinita di gradazioni intermedie. Siccome la eccentricità dell'orbita terrestre sale ad $^1/_{60}$, cioè a 0.01677 del semiasse maggiore, avviene che, supponendo eguale ad 1 la distanza media fra i due astri, la distanza afelia ammonterà a 1.01677, la perielia a 0.9667. Ma siccome a noi è anche noto che gli effetti termici e luminosi, provenienti da un corpo, diminuiscono in ragione dei quadrati della distanza che separa il focolare di luce e di calore dell'oggetto riscaldato, così, facendo i qua-

(1) A pag. 78 dell'opera.
(2) V. pag. 190, 191.

Digitized by Google

drati dei due numeri accennati e invertendone l'ordine, avremo che, supposto eguale ad 1 la quantità di calore che la Terra riceve in media dal sole, essa calerà a 0.9667 nell'epoca dell'afelio e monterà ad 1.0338 in quella del perielio. O, più semplicemente: la Terra, all'epoca della sua massima vicinanza col sole riceve una quantità di calore di circa 3 centesimi maggiore di quella che non riceva in media, e di più che 6 centesimi maggiore di quella che non riceva dal medesimo astro, quando maggiormente ne dista (1).

Siccome poi ci è noto come la Terra attraversi il perielio, cioè si trovi alla massima prossimità col sole, intorno al 1° gennaio, e attraversi l'afelio intorno al 3 di luglio, così avviene che essa provi in quella prima epoca la massima intensità di radiazione solare e riceva la massima quantità di calore dal sole, e che il contrario succeda in questa seconda. Gli effetti che ne provengono sono realmente sensibili sul globo e risultarono abbastanza chiari dalle osservazioni e dalle indagini più recenti; ma essi rimangono specialmente dissimulati dal fatto che il 1.° gennaio, epoca della massima intensità termica, corrisponde quasi col solstizio invernale dell'emisfero settentrionale, e il 3 luglio, epoca della minima intensità, corrisponde colla nostra estate, cioè col solstizio d'inverno dell'emisfero meridionale. Quindi i raffronti di temperatura non si possono fare simultaneamente e nemmeno a parità di condizioni. Aggiungasi che tale disparità di condizioni non può venire compensata mettendo a paragonare la quantità complessiva di calore che ciascuno dei due emisferi riceve, mentre la Terra percorre quella metà dell'orbita che sta più vicina all'afelio, con quella che riceve quando percorre la metà prossima al perielio, dacchè ci sia noto come, in causa della diversa velocità di moto terrestre, a percorrere quella prima metà, la Terra impieghi un tempo più lungo, che non questa seconda (1).

Tuttavia, da quando vennero istituite regolari osservazioni meteorologiche anche nell'emisfero meridionale, si potè registrare qualche fatto, che mostra sensibile l'accordo fra la distanza del sole e la intensità di calore sul globo. Di tal genere sarebbe, ad esempio, la forte differenza di temperatura che si prova durante la stagione estiva nell'emisfero meridionale, allorchè si passi ad un tratto dall'ombra al sole, differenza che colpisce in modo curioso i viaggiatori nordici che visitano la nuova Zelanda e l'Australia.

Parimenti avviene di riscontrare nell'Africa meridionale e nell'Australia dei più forti riscaldamenti del suolo e delle massime estive più grandi che non nelle corrispondenti latitudini dell'emisfero settentrionale, anche allorquando le medie estive di quelle regioni sono (grazie a cause di varia indole) più basse che non in queste (2).

Ond'è che anche la distanza del sole ormai dev'essere considerata come un fattore climatologico ed entrare nei computi riguardanti le medie temperature dei due emisferi.

Ciò non toglie però che, sempre in ordine alle relazioni che corrono fra la Terra e il sole, non esistano due altri fattori termici più importanti di quello della distanza fra i due astri. Tali fattori sono la variabile obliquità dei raggi solari e la diversa durata dei giorni e delle notti, ovvero del periodo d'illuminazione, che potremo anche chiamare *d'insolazione*, alle varie latitudini, in relazione colle stagioni.

Dal punto di vista cosmografico, questo argomento fu da noi trattato diffusamente (3), anche in vista della sua importanza meteorologica, sicchè adesso non ci è mestieri riprenderne daccapo l'esposizione, ma soltanto ci incombe l'obligo di aggiungerne quel tanto che occorre a chiarire sufficientemente l'attuale soggetto.

Il diverso grado di obliquità dei raggi solari sul globo, causato dall'avvicendarsi delle stagioni, produce una differenza di effetto termico sulla sua superficie, specialmente in virtù di due fatti. Come notammo a proposito dei raggi luminosi, anche i raggi termici del sole restano in parte assorbiti dall'atmosfera che circonda la Terra, e come la luce, così anche il calore

(1) Nei giorni intermedî, tale quantità è sempre inversamente proporzionale ai quadrati delle distanze, talchè basta conoscer queste per conoscer quella. Ora, siccome, più facilmente che le distanze, nell'effemeridi astronomiche è facile trovar esposti i semidiametri del Sole a varie epoche dell'anno, e la grandezza apparente di tali diametri diminuisce in ragione delle distanze, così i loro quadrati esprimeranno i cercati rapporti della quantità di calore solare ricevuta dal globo, nelle varie epoche dell'anno. Sia, per esempio, eguale a 1000 la quantità di calore il 21 marzo e si voglia conoscere la stessa quantità il 30 maggio. Il nostro **Prospetto X.** ci dà pel semidiam. solare del 21 marzo 965" (16'5") e per quello del 30 maggio 948" (15'48"). Da quanto s'è detto, avremo la proporzione $1000 : x :: 965^2 : 948^2$, ovvero $x = 1000 \left(\frac{948}{965}\right) = 965$. O in altre parole: dato che il 21 marzo l'intensità della radiazione solare sul globo fosse eguale a 1000, essa sarebbe eguale soltanto a 965 il giorno 30 maggio.

(1) Vedi a pag. 195 della nostra opera.
(2) HANN, *Handb. der Klimat.*, pag. 62.
(3) Vedi a pag. 192 e seguenti della nostra opera.

Digitized by Google

viene assorbito in ragione dello spessore d'atmosfera che i raggi debbono attraversare. Tale spessore, minimo quando il sole si trova allo zenit, va crescendo man mano che il sole si abbassa verso l'orizzonte, dove lo spessore dell'atmosfera, come vedemmo, è massimo (1).

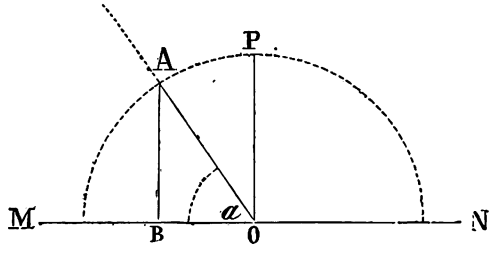


Fig. 454. — Inclinazione ed intensità dei raggi calorifici.

Se tale assorbimento, lo sappiamo, è notevole per la luce, esso lo è ancora maggiormente pel calore. La luce che proviene da raggi zenitali resta assorbita in modo che, secondo il Bouguer, soltanto l'81 e, secondo il Trépied, l'88 per 100 dei raggi luminosi arrivano ad attingere la superficie del globo. Ora, pare che dei raggi termici complessivi, data la medesima condizione, ne passi soltanto il 75 o forse il 72 per 100, e, se limitassimo la considerazione ai soli raggi caloriferi oscuri, appena il 40 per 100. Diminuendo l'altezza del sole, diminuisce quindi la quantità di raggi trasmessi nel rapporto indicato dalla tabellina che segue, ritenendo eguale ad 1 il calore ricevuto al limite superiore della nostra atmosfera (2):

altezza del sole	quantità di calore trasmesso
90° (zenit)	0.72
70	0.70
50	0.64
30	0.51
10	0.16
0	0.00

Numerose esperienze condotte in diverse località confermano pienamente questa diminuzione. Parimenti, resta in generale confermato l'assorbimento diverso di raggi inclinati di uno stesso angolo, se raccolti a varie altitudini. Così il Violle, praticando delle esperienze di confronto in varie località interposte fra il monte Bianco e Grenoble, trovò che, supposta eguale ad 1 l'intensità del calore al limite dell'atmosfera, essa diminuiva nella proporzione seguente:

Località	Altitudine	Intens. term.
m. Bianco	4810	0.94
Grands-Mulets	3050	0.89
Ghiacciaio Bossom.	1200	0.79
Grènoble	213	0.71

Va poi notato come l'assorbimento del calore da parte dell'atmosfera sia diverso anche a seconda delle sostanze che vi si trovano sospese o mescolate. Il potere assorbente varia da gaz a gaz: è minimo nei gaz semplici, come l'ossigeno e l'azoto; aumenta nei gaz composti; è massimo nel vapore acqueo. Secondo il professore Garibaldi di Genova, tale potere assorbente varia per le sostanze più comunemente diffuse nell'atmosfera nelle proporzioni indicate dalla tabellina che uniamo (1):

	Assorbim. dei raggi termici
aria atmosferica pura	1
acido carbonico	92
ammoniaca	546
vapore acqueo	7937.

Senonchè, non è soltanto dal punto di vista del maggiore o minore assorbimento che si deve considerare la obliquità dei raggi solari, in ordine al problema dell'effetto termico da essi prodotto. Un fascio di raggi verticali viene ad intersecare la superficie terrestre secondo una sezione perpendicolare alla loro direzione, cioè secondo una sezione minima, e quindi il loro effetto viene ad essere distribuito sopra una superficie minima. Un fascio di raggi obliqui viene ad incontrarla sotto un angolo tanto più acuto quanto più forte è l'inclinazione, quindi ad intersecarla secondo una sezione la cui superficie sarà sempre tanto più grande quanto più l'inclinazione lo è; quindi l'effetto disperso sopra uno spazio maggiore, com'è ovvio, riesce proporzionalmente minore. Abbiansi i fasci s, s', s'' (Fig. 455) che si suppongono forniti tutti e tre di eguale spessore, AB, $A'B'$, $A''B''$, ma altresì inclinati di angoli diversi sull'orizzonte. Il fascio s, che scende verticale, verrà a diffondersi sul tratto AB, mentre s', ed s'', saranno diffusi sui tratti sempre maggiori $A'C$, $A''D$. È troppo naturale l'effetto che ne

(1) Il che matematicamente si esprime: la intensità della radiazione è proporzionale al seno dell'angolo che i raggi solari fanno colla superficie del globo (Vedi fig. 494). Sia AO un raggio, OP la perpendicolare dell'orizzonte colpito dai raggi, orizzonte che si prolunga in M e in N. Dato che la intensità del raggio perpendicolare corrisponda alla retta OP, la retta AB rappresenterebbe il valore della intensità di un raggio inclinato di un angolo qualunque a sulla superficie MN. Ora AB è precisamente il seno di tale angolo.

(2) FLAMMARION, *L'atmosfera*, pag. 296.

(1) FLAMMARION, pag 292.

Digitized by Google

deve nascere, vale a dire questo che quanto più vasta sarà la superficie irradiata, tanto minore sarà il suo riscaldamento. Questo, supponendo la superficie terrestre uniforme ed eguale. Se poi si tenesse conto delle numerose asprezze che, salvo sul mare, dovunque ne rendono svariato ed accidentato l'aspetto, si dovrebbe aggiungere anche la circostanza che le ombre prodotte da tali accidentalità crescono tanto più in estensione, quanto più acuto diventa l'angolo d'incidenza dei raggi stessi sul suolo; e quindi sottraggono una parte proporzionale della superficie stessa all'effetto dell'insolazione.

Ma ci resta ancora da trattare di un'ultima causa potentissima di effetto termico sul globo, la durata dei varî periodi d'insolazione. Il molto che ne dicemmo nella parte astronomica dell'opera (1) ci dispensa anche in questo caso dal dover esplicare le cause delle diverse durate dei giorni e delle notti, e chiarire la distribuzione di tali fenomeni lungo le stagioni sulla superficie del globo. È ovvio del resto comprendere come la perduranza della insolazione, da un lato, cooperi ad inalzare, e, dall'altro, quella della oscurità cooperi ad abbassare la temperatura della superficie terrestre. Durante entrambi i periodi, la Terra irradia nello spazio parte del calorico che possiede, ma, durante il periodo diurno la perdita che con ciò essa soffre è compensata largamente dalla irradiazione solare, sicchè succede un vero accumulamento di calorico, mentre, durante

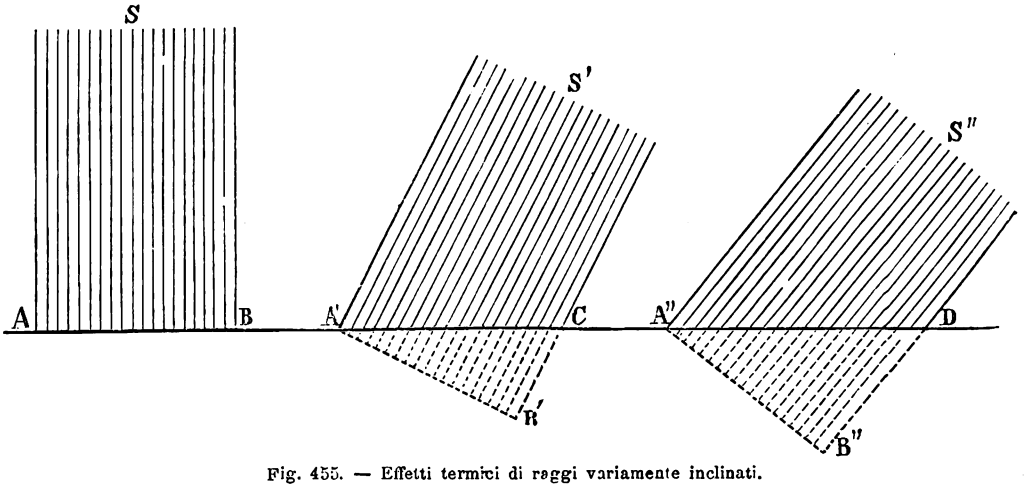


Fig. 455. — Effetti termici di raggi variamente inclinati.

il periodo notturno, essa non prova compenso di sorta: tutto si riduce in perdita.

La ragione principale dei freddi circumpolari sta appunto nella lunghezza di quelle notti, che permette una così diuturna irradiazione verso lo spazio freddissimo. Settimane e settimane che si susseguono, senza che nulla concorra a compensare la irradiazione, non possono a meno di arrecare una perdita enorme di calore, che sarebbe assai più grande qualora l'atmosfera medesima non ritardasse la dispersione e le correnti aeree e marine non cooperassero a riparare in qualche modo la sottrazione. D'altronde, quelle stesse regioni hanno la loro parte dell'anno in cui, come sappiamo, l'insolazione perdura ininterrotta, e allora in esse il calore s'accumula notevolmente, in modo da superare l'effetto che il sole produce allo stesso equatore.

Così, riputata eguale a 1000 la quantità di calore che dal sole riceve la Terra sull'equatore al 21 marzo, nello spazio di una giornata; tale quantità, nello stesso spazio di tempo, al 21 giugno, all'equatore, è eguale soltanto od 881; a 4° $\frac{1}{2}$ di lat. N. arriva ad essere eguale a 1109; al circolo polare artico a 1092; ma proprio al polo si fa ascendere a non meno di 1203, cioè a quasi una volta e mezza l'effetto termico che quel giorno medesimo la Terra subisce lungo la linea equinoziale. Questo medesimo effetto della prolungata insolazione, ad onta che sia contrastato dalla forte obliquità dei raggi, si manifesta evidente nei fenomeni di vegetazione delle regioni esposte ad alte latitudini. Così, ad esempio, mentre il frumento per giungere alla maturazione ha bisogno, in Algeri (36°.47' lat. N.)

(1) Pag. 193 e seg.

Digitized by Google

di 142 ed a Parigi (49° lat. N.) di 139 giorni, ad Halsnö (59°47′ lat. N.) gli bastano 133, a Bodö (67°17′) 121, a Strand (68°46′) 115 e a Skibotten (69°28′) soltanto 114 giorni per percorrere lo stesso stadio di vegetazione. (1) In questo fatto, confermato da altri numerosi esempi, devesi però tener conto dell'influenza dell'acclimatazione, per cui il grano che cresce nelle diverse località ora citate si può considerare come appartenente a varietà diverse e quindi diversamente atto a subire gli effetti della temperatura esterna. Difatti dell'orzo raccolto ad Alten, in Norvegia, a 70° di latitudine, dove esso vegeta in tre mesi, e seminato a Vincennes, impiegò pressochè l'istesso tempo a venire a maturazione in quest'ultima località, cioè ben 37 giorni di meno che non occorra quivi all'orzo indigeno francese. Ma, anche prescindendo dai fenomeni botanici, nei quali intervengono, come efficaci agenti, altresì i raggi luminosi e chimici della luce solare, le osservazioni meteoriche dirette palesano come ad alte latitudini la somma delle temperature che si notano durante il giorno nel periodo della maggiore insolazione è più grande che non nelle basse latitudini. Secondo l'Hann, al polo nord la radiazione diurna dal 10 maggio al 3 agosto, cioè durante 84 giorni, è maggiore di quella che contemporaneamente subisce l'equatore, e durante 56 giorni, cioè durante i 28 che precedono e i 28 che seguono il solstizio estivo, è più forte che non in qualsiasi punto del globo. Lo stesso accade durante l'epoca del solstizio invernale pel polo antartico, salvo sempre le differenze dipendenti dalla forma ellittica dell'orbita terrestre, di cui già notammo gli effetti.

Questo fatto poi non toglie menomamente che, nello spazio di un anno, gli effetti della radiazione solare non siano massimi all'equatore e non vadano continuamente scemando fin verso i poli, dove raggiungono un minimo teorico. Non volendo adesso invadere il campo della Climatologia, dove questo soggetto sarà convenientemente trattato, anche in ordine ai fatti ed alle cause che modificano il concetto teorico della diminuzione della radiazione complessiva solare in ragione della latitudine, ci accontenteremo adunque di dire come si tentarono varie espressioni numeriche onde presentare chiaramente il valore di siffatta diminuzione, e come una delle più chiare sia quella proposta dal Meech (2). Egli valuta che la somma della irradiazione solare ricevuta dalla Terra all'equatore sia rappresentata da 365.24 giorni termali tipici. Dato ciò, alle varie latitudini la quantità d'irradiazione complessiva verrebbe a corrispondere alla somma di un numero man mano e graduatamente sempre minore di giorni termali, finchè al polo essa verrebbe ad essere eguale a soli 151.6 giorni, cioè a circa il 45 ½ per cento della insolazione ricevuta all'equatore. Ecco quindi quale sarebbe questa diminuzione di 10 in 10 gradi di latitudine:

latitudine	somma di giorni termali	differenza	quant. di calore in gradi
Equatore	365.24	5.0	27.5
10°	360.2	15.0	26.9
20	345.2	24.0	25.0
30	321.0	33.5	22.0
40	288.5	38.8	18.0
50	249.7	41.9	13.2
60	207.8	34.8	8.0
70	173.0	16.4	3.7
80	156.6	5.0	1.6
90	151.6		1.0

Vera questa legge e ammessa fra l'equatore e il polo una diminuzione di 26°5, ogni grado di latitudine dovrebbe rappresentare una decrescenza di circa 0.3 gradi termici. Ma essa si manifesta assai varia da latitudine a latitudine, mostrandosi minima presso all'equatore e presso ai poli, e massima intorno ai 45°, cioè a metà distanza fra tali punti estremi. Anzi, generalmente nella zona temperata, e più specificatamente fra i 35 e i 65 di latitudine, si può ritenere molto prossima a ½ grado termico la variazione media annua di calore prodotta dall'avvicinarsi al polo o dall'allontanarsi da esso per un grado di latitudine. Però vi son pochi elementi meteorici più variabili di questo, sia in ordine alle stagioni, sia alle accidentalità terrestri, come sarà facile vedere allorchè verrà trattato del clima. Così, per dare un solo esempio, mentre nella Svizzera si calcola che per 1.° di latitudine si abbia la variazione di 1.16 gradi termici, in Italia, in media, tale spostamento produce una variazione pari soltanto a 0°53 o, secondo calcoli più recenti e più autorevoli, a 0°72, cioè ad un valore nemmeno eguale alla metà

(1) *Ann. de l'Obs. de Montsouris pour* l'an 1877, pag. 421.
(2) Schmid, *Lehrb.* ecc., pag. 122.

Digitized by Google

nel primo caso, e non eguale ai $^2/_3$ di quello, nel secondo (1).

4. Se si nota una diminuzione complessiva nella temperatura dell'aria, man mano che ci allontaniamo dall'equatore, un'altra se ne nota man mano che ci scostiamo dalla superficie terrestre per inalzarci negli strati atmosferici. L'atmosfera scevra di vapore acqueo è assai diatermana, massime nelle sue parti superiori e più sottili. Tuttavia, anche in queste, essa intercetta e fa sua una parte del calore irradiato dal sole, e una parte di quello che riflettono gli strati inferiori e più costipati, e le molecole o di vapor acqueo o di pulviscolo atmosferico che vi nuotano in essi sospese. Ma la sorgente pur sempre maggiore e più importante del calore dell'atmosfera è tuttavia il suolo terrestre. È questo che, per contatto immediato, comunica la propria temperatura agli strati più bassi dell'aria, e questi, alla lor volta, la comunicano man mano, agli strati superiori, o direttamente ovvero indirettamente, in seguito cioè al proprio riscaldamento che rende rarefatte e leggere le masse aeree, in tal modo spinte a sollevarsi sulle più fredde e più pesanti, e a portare fra le più elevate la somma di calore da esse raccolto.

Come in altri processi, dei quali discorremmo, anche in questo è diverso il contegno che segue l'aria atmosferica a seconda che sia *secca,* ovvero più o meno carica di vapor acqueo. Nell'aria secca ha luogo una diminuzione di 1.° per ogni 100^m ch'essa si elevi, indipendentemente dalla temperatura e dalle altitudine iniziale. Invece nell'aria satura di vapor acqueo anzitutto avviene che la diminuzione della temperatura per l'altezza ha luogo molto più lentamente, grazie al condensarsi del vapore medesimo, onde se ne sprigiona parte del calore; poi tale diminuzione avviene in misura diversa a seconda della temperatura iniziale. Così è stato calcolato che per l'aria carica di vapor acqueo, mentre a 10° l'elevarsi di 100^m aumenta la temperatura di 0°.54, lo stesso dislivello produce un aumento di ben 0.°76, se la temperatura iniziale è pari a — 10° e soltanto di 0°38, se essa è uguale a + 30°. A 0°, e a 20°, date le stesse condizioni, i valori di tale aumento sarebbero rispettivamente eguali a 0.°63 e 0.°45. Qualora l'aria non sia pregna di vapor acqueo, essa si contiene come aria secca fino all'istante in cui comincia la condensazione; da questo momento come aria satura (1).

Prescindendo da questi concetti teorici e basati sui principî della teoria meccanica del calore, il fenomeno della diminuzione della temperatura per l'altezza, già avvertito fino dall'antichità (2), cominciò ad essere praticamente studiato dal Bouguer, che, come ci è noto, nel 1735 si trovava al Perù per la misura del grado. Soltanto sì l'astronomo francese, come il Forster, naturalista che accompagnava il Cook nel suo secondo viaggio, più che ad altro, posero mente al limite inferiore delle nevi perpetue, ch'essi riconobbero variare secondo le latitudini e secondo certe norme. La ricerca delle quali norme parve argomento importante più tardi al De-Saussure dapprima, poi all'Humboldt, al Ramond, al d'Aubuisson, al Kämtz, ai fratelli Schlagintweit, al Glaisher e a moltissimi altri naturalisti, o viaggiatori, o aeronauti, tantoche adesso la messe delle cognizioni acquisite è copiosissima.

Essa fu attinta naturalmente a tre ordini di osservazioni, cioè a quelle praticate in aerostato, lungo i dorsi delle montagne, negli osservatorî posti a diversi livelli, in regioni montuose od anche semplicemente elevate. La copia stessa delle osservazioni raccolte e la bibliografia ormai ricca che il problema presenta, ci dispensano dal citare adesso, punto per punto, le singole ricerche istituite qua e colà, e c'inducono a riportarne soltanto alcune delle deduzioni finali.

Una fra queste ci avverte essere disuguale la diminuzione della temperatura da luogo a luogo terrestre. Così, mentre ad Hongkong e a S. Elena essa si manifestò rapidissima, in modo che per ogni 100^m di maggiore altezza la temperatura cala rispettivamente di 0°.72 e di 0°.93, nel Caucaso settentrionale e in parecchie località montuose della Germania essa diminuisce di solo 0°.44.

Nei primi due casi, per ottenere una diminuzione di 1°, basta salire di 139 e di 108^m; nei due ultimi per ottenere lo stesso effetto occorre uno spostamento di livello di ben 227 metri.

Per un momento si potrebbe credere che le regioni marittime od insulari e più calde presentassero le più rapide diminuzioni della

(1) *Geogr. Jahrb. von* Behm, B. IV., 1874, pag. 10; — *Italia Economica* pel 1870, Firenze, Civelli, 1871, pag. 15, Tabella; — Lugli, *Sulla variazione media della temperatura in Italia colla latit. ed altezze* (dagli *Annali della Meteorol. ital.* Parte I, 1882), Roma, Sinimberghi, 1883, pag. 12.

(1) Supan, *Grundzüge*, pag. 37

(2) V. Peschel, *Gesch. der Erdkunde*, pag. 72, 225, 439, 758.

Digitized by Google

temperatura per l'altezza. Difatti, abbiamo per ogni 100^{m} di altezza una diminuzione

all'Etna (sec. lo Schouw) .	di	0°.73,
a S. Elena (Supan) . . .	»	0. 93,
» Honkong (Hann)	»	0. 72,
» Ceylan (Hann)	»	0. 59,
» Giava (Hann)	»	0. 56,

ciò che darebbe un media di 0.71; ma la disparità degli elementi stessi e la incertezza del primo fra essi scemano molto il valore della deduzione.

Per l'Europa centrale e per le regioni contermini esiste veramente una certa uniformità di risultati, come apparisce dalla tabellina seguente:

Christiania a 60° n. (Mohn) . .	0.°55,
Siebengebirge (Germania)(Bischof)	0. 56,
Herzgebirge (Reich)	0. 52,
» (Hann)	0. 59,
Harz (Hann)	0. 58,
Rauhe Alpe	0. 54,
Alpi (Hann, Hirsch, Weilemann)	0. 58,
Alpi, versante italiano (Denza) .	0. 52,
» » » (Lugli) .	0. 53,
Apennino settentrionale (») .	0. 51,
» centr. e meridion. (») .	0. 58,

il che dà nel complesso una media di 0°.55 per ogni 100^{m} di dislivello. Ma noi omettemmo nella tabellina precedente d' inserire alcuni dati che se ne discosterebbero notevolmente, come quello di 0°.48 ottenuto dal Reissemberg per le Alpi Transilvaniche, di 0°.45 (Hann) notato allo Schafberg, presso Hischl e di 0°.63 ottenuto dal Denza per la valle d' Aosta. Mentre poi quest'ultimo coincide perfettamente con quello di 0.°63, ottenuto dal generale Hazen sul Pike Peak nelle montagne Rocciose e si avvicina a quello di 0°.62 ricavato dall'Hann per le montagne di Nilgherri nel Decan e a quello di 0.°65 notato nella sierra Estrella in Ispagna (Supan); è abbastanza importante che la media della Europa centrale e regioni contermini si avvicini a quelle ricavate da regioni montuose diversissime. Così si ha nell' America meridionale e settentrionale

nelle Ande della Colombia e del Messico (Humboldt)	0°.53,
nelle Ande fra 11° N. e 5° S. (Boussingault)	0. 57,
al mount Washington nel N. Hampshire (Hann)	0. 55,

con una media di 0.°55; — così in Asia si ha

nell' Imalaia del NO. (Blanford) .	0°.56
» » e Tibet (Hill) . . .	0. 51
» » centrale (Blanford) .	0. 52

con una media di 0°.53.

Alquanto discosti da tale media sono i risultati ottenuti sul Caucaso, nella parte settentrionale della quale catena la diminuzione della temperatura per l'altezza apparve eguale a 0°44 e nella meridionale a 0°50 per 100^{m} (Supan), mentre complessivamente in tutto il Caucaso e nelle finitime regioni montuose dell'Armenia tale diminuzione, secondo il Wild, avrebbe il valore medio di 0°45. Finalmente assai rapida e discorde dalla generalità dei dati riscontrati nelle regioni montuose è la diminuzione notata nelle montagne della California, dove essa arriva a 0°.75 per i soliti 100^{m} di dislivello.

È molto probabile che questi stessi valori eccessivi, notati in California, a S. Elena ed altrove, abbiano la loro ragione di essere nelle speciali condizioni climatiche della località. Così, per esempio, per S. Elena essa sta nella grande secchezza che vi regna, il che è confermato dal fatto che la diminuzione della temperatura ivi stesso sta in ragione inversa della piovosità, cioè è più lenta nei mesi piovosi, più rapida nei mesi asciutti. Il fenomeno medesimo ha luogo a Ceylan e sulla catena Nilghirri.

Gli esempî esposti ammoniscono che in generale non si possa ritenere un tale fenomeno influenzato dalla latitudine. Esso lo è forse maggiormente invece dalla maggiore o minore declività del pendio che separa le stazioni dove si fanno le osservazioni termiche, in modo che la diminuzione sarebbe più rapida nel caso di montagne erte e più lenta nel caso di altipiani scaglionati ed ampli. Anzi, pensando come la causa essenziale della diminuzione della temperatura per l'altezza risieda nel riscaldamento del suolo, potrebbe sembrare ovvio che gli altipiani non presentassero per nulla più bassa la temperatura degli strati aerei che vi sovrincombono, di quello che succeda nei bassopiani. Difatti, sì sugli uni che sugli altri batte egualmente il sole e il processo di riscaldamento del suolo non appare diverso. Senonchè sta il fatto che gli altopiani risentono l'influenza della maggiore altitudine; soltanto la causa della bassa temperatura che si riscontra in essi non è quella che accennammo, ma bensì la rarefazione dell'aria. L' aria più rarefatta è maggiormente diatermana: permette un più rapido riscaldamento del suolo nelle ore diurne, un più rapido raffredamento nelle ore notturne, per cui, mentre la temperatura diurna è altrettanto e qualche volta più calda che quella delle bassure, la temperatura notturna scende molto

Digitized by Google

in basso e sotto a quella che si nota nei bassopiani. L'effetto di tale più libera irradiazione del periodo di oscurità, oltre che protrarsi in fatto nelle ore del mattino, interviene poi abbassando notevolmente la media del giorno intero, che risulta dalla media diurna e notturna. È evidentente però che, provenendo da siffatta causa, al certo meno efficace di quella che ogni dove agisce scemando la temperatura coll'altezza, la differenza fra le temperature dei bassopiani e degli altopiani, a parità di dislivello, sarà più lieve che non quella che si riscontra nelle montagne erte. Gli esempi acconci però quì fanno difetto, sia per la povertà di osservazioni riguardanti i maggiori altopiani del giobo, sia perchè la loro stessa morfologia obliga a mettere a paragone le temperature di località troppo discoste le une dalle altre e sottoposte a troppe cause accidentali e perturbatrici, perchè se ne possa cavare un utile costrutto. Due esempi, che togliamo dal Supan, mostrano però vero il fatto accennato, dacchè la diminuzione della temperatura per l'altezza fra il filone del Mississippi e gli altipiani delle prairies si ragguaglia appena a 0°38 e quella fra Hasaribag e Barhampur nel Bengala a 0°40, sempre per ogni 100^{m} di dislivello (1).

Va altresì avvertito che le determinazioni fatte in pallone (e, giusta quanto esponemmo, ciò deve riuscire ovvio) offrono la massima rapidità di tale diminuzione, almeno tutte le volte che limitiamo l'osservazione ai primi 2000^{m} di altitudine, partendo dal livello del mare. Però nemmeno in questo caso spicca un grande accordo fra i risultati ottenuti da varî osservatori. Così al Flammarion, fino a 2000^{m} e con cielo sereno, la diminuzione parve di circa 0°65 per 100^{m}; ovvero 1° per ogni 154^{m}; mentre al Glaisher, fino alla medesima altitudine, essa apparve di 0°61, ovvero di 1° per 163^{m}; o, secondo altri computi, di ben 0°75, ovvero di 1° per ogni 109^{m} di maggiore altezza (2).

Le osservazioni in pallone misero in luce un altro fatto, già avvertito anche nelle osservazioni compiute nelle montagne (1), cioè quello che la diminuzione della temperatura procede notevolmente più rapida negli strati inferiori, che non nei superiori dell'atmosfera. Ciò è messo in evidenza dalla tabellina seguente, colla quale vengono riassunti i risultati delle accurate osservazioni del Glaisher, raccolte in 550 ascensioni diverse (2).

Altezza sul liv. del mare metri	Numero di metri per 1° centigr.	N.° di gradi per ogni 100^{m}. di magg. altezza
0- 500	143	0°.70
500-1000	167	0. 60
1000-1500	155	0. 64
1500-2000	200	0. 50
2000-2500	222	0. 45
2500-3000	250	0. 40
3000-3500	250	0. 40

A risultati poco diversi quanto all'andamento generale, se non quanto al valore dei singoli elementi, sarebbe giunto anche il Flammarion. Difatti, mentre questi trova che fra 0 e 500^{m} bastano 120^{m} per inalzare la temperatura di 1.°, fra 0 e 1000^{m} trova che ne occorrono 143^{m}, e fra 0 e 3500^{m} ben 189^{m}; a cielo sereno, e 194^{m}, a cielo annuvolato.

Giova però tener conto di numerose anomalie che affettano assai sovente le osservazioni in pallone, le quali per necessità durano un tempo limitato, e sulle quali hanno quindi particolare influenza alcune accidentalità meteorologiche. Fra le altre, influentissima è quella della serenità del cielo, che coopera ad accelerare la decrescenza della temperatura, mentre lo stato di nubilosità tende a ritardarla. Lo stesso effetto della serenità è prodotto dalla secchezza e dall'alta temperatura dell'aria, le quali condizioni si ripercotono nella variazione che questo stesso fenomeno subisce col periodo diurno ed annuo. Difatti, nelle ore e nelle stagioni calde che sono d'ordinario anche le più asciutte, la di-

(1) Il Ragona (V. *Italia Economica nel* 1870, pag. 20), avendo studiato lo stesso soggetto prendendo ad esame 22 stazioni italiane poste fra il mare e 600^{m} d'altezza, ebbe pure un risultato che, senza esser identico ai precedenti, si scosta da quelli ottenuti per l'Italia dal Denza e dal Lugli, che tennero conto anche di osservatori posti sui pendii alpini. Così egli ebbe la diminuzione 0°17 per 100^{m} o un dislivello di 214^{m} per ogni grado.

(2) Flammarion, *L'atmosfera* pag. 302; — Denza, *Sulla variaz.* in *Bollett. dell'Assoc. Meteor. ital.* IX, sett. 1883, pag. 133: — *Ann scient. ed industr. ital.*, Anno 1869, pag. 129.

(1) Ma non sempre. Anzi le osservazioni compiute sulle Alpi dai fratelli Schlagintweit condurrebbero a ritenere massima tale diminuzione a una zona oscillante fra 1000 e 2000^{m}; e più lenta tanto inferiormente quanto superiormente ad essa. Cnfr. Hugues, pag. 198; — Schmid, pag. 429.

(2) V. *Annuario scient. ed industr. ital.*, Anno 1869, pag. 129. Il P. Denza veramente, forse limitando i suoi calcoli a un certo numero delle osservazioni del Glaisher, arriva a risultati diversi, cioè ai seguenti.

Alt. sul livello del mare metri	N.° di metri per 1° cent.	N.° di gradi per ogni 100^{m} di maggiore altezza
0-300	77	1.30
300-1000	100	1.00
1000-2000	133	0.75
2000-3000	149	0.67
3000-4000	161	0.61

Digitized by Google

minuzione della temperatura è più rapida che non nelle ore e nelle stagioni fredde. Riguardo alle ore, il numero delle esperienze finora compiute è piuttosto scarso, pur parendo sufficiente a concludere nel senso ora accennato. Così, nelle sue osservazioni sul Righi nella Svizzera, il Kaemtz trovava massima la diminuzione della temperatura, cioè oscillante fra 0°.82 e 0°76 per ogni 100^{m} di dislivello, nelle ore intercluse fra le 11 ant. e le 6 pom., e minima, cioè oscillante fra 0°60 e 0°54, nelle ore che vanno fra le 2 e le 6 antimeridiane.

L'influenza delle stagioni, come è stata da noi accennata, è comprovata da moltissime esperienze istituite in varie località, e noi non avremmo se non l'imbarazzo della scelta, qualora volessimo addurre esempi in pro' dell'asserto. Tipici a questo proposito sono i risultati ottenuti a Christianìa, dove, nell'inverno, una maggiore altezza di 100° porta una diminuzione di appena 0°05, e l'estate porta quella di 0°91 (1), mentre sulle Alpi i due valori sarebbero rispettivamente rappresentati da 0°45 e 0°70, e sul Caucaso da 0°32 e 0°58 (2). Veramente sull'Imàlaia succede diversamente, poichè nella sua parte nord-ovest, nel gennaio avviene la massima (0°76) e nel luglio (0°41) la minima diminuzione, il che si spiega forse col fatto che nel luglio le stagioni inferiori, poste al piede meridionale dell'Imàlaia e allora soggette alle piogge di stagione, vengono messe in paragone colle stagioni asciutte e calde dell'altopiano superiore. Meno esplicabile è l'anomalìa che risulta per l'Italia dalle ricerche e dagli studî del Lugli. Difatti ecco qual'è la misura della diminuzione della temperatura nelle varie stagioni dell'anno (3).

Gradi di temperatura per ogni 100^{m}:

Stagioni.	Versante alp. meridionale	Appennino settentrionale	Appennino cent. e meridionale.
Inverno .	0°.31	0°.38	0°.53
Primavera	0. 60	0. 61	0. 67
Estate .	0. 70	0. 51	0. 50
Autunno .	0. 51	0. 52	0. 60
Anno . .	0. 53	0. 51	0. 58

Mentre adunque nel versante meridionale alpino la più rapida diminuzione, conformemente alla norma generale, accade nell'estate e la più lenta nel verno, in tutto il resto d'Italia le stagioni della maggior rapidità sono la primavera dapprima e poscia l'autunno, e quella della maggiore lentezza per l'Appennino settentrionale, come per le Alpi, è il verno, ma per l'Appennino meridionale è propriamente l'estate.

Del resto, qualora si volesse prendere in esame località ed epoche speciali, si vedrebbe agevolmente come il fenomeno di cui adesso ci occupiamo, vada soggetto ad anomalie curiosissime e strane. Così, ad esempio, è notorio come nella vallata del Po i freddi invernali più intensi si manifestino lungo il filone centrale, cioè nelle stazioni più depresse: ad Alessandria (90^{m}) più che a Moncalieri (258^{m}), a Pavia (98^{m}) più che a Milano (147^{m}), e così di seguito, spingendosi talvolta a comprendere stazioni anche elevate, dove la temperatura si manifesta più alta che non nelle stazioni basse. Un tal fatto, fra altre volte, ebbe luogo durante quasi tutto il crudissimo inverno (meteorico) 1879-1880, e spiccatamente nella 3ª decade del dicembre 1879 e nella prima del gennaio successivo (1).

Stazione meteorol.	Altitud.	3.ª decade del dicembre 1879.		1.ª decade del dicembre 1880.	
	metri	Media delle minime.	Minima assoluta.	Media delle minime.	Minima assoluta.
Alessandria	90	—10.1	—14.5	—8.6	—11.3
Pavia . .	98	— 7.9	—10.5	—6.9	— 9.0
Milano . .	147	— 6.0	— 8.0	—5.4	— 8.4
M.S.di Varese	862	+ 1.7	— 3.6	+2.3	0.0

Lo stesso fenomeno, del resto, non si manifestò soltanto in Italia, ma ebbe luogo nella stessa epoca e pur quasi dovunque, durante parecchie decadi, nelle Alpi Svizzere ed Austriache, nel Baden, nel bacino della Senna, sul Puy de Dôme, sul Pic du Midì nei Pirenei.

Non è nemmeno da ritenere che tale *inversione della temperatura* abbia luogo soltanto a riguardo dei minimi. Fra i molti esempî che potremo citare, ne presentiamo uno solo, tolto esso pure dagli Annali della nostra metereologia. Nella 1.ª decade del marzo 1880 le massime temperature si manifestarono in tutta Italia dovunque più elevate nelle alte sta-

(1) Supan, pag. 38.
(2) Hann, pag. 154.
(3) Avvertendo che l'inverno consta di dicembre, gennaio e febbraio, e così di seguito per le altre stagioni. Vedi Lugli, Memoria citata, pag. 21.

(1) Cantoni, *Sulla distrib. delle temperat.* nell'inverno 1879-80 in Italia (*Annali della meteor. it* 1880. p. I. pag. 21; Hann, *Klimat* pag. 16. Alle 6 ore antimer. dei giorni intercluși fra il 20 ed il 28 dicembre 1879, la media temperatura al Puy de Dôme a 1570^{m}, fu di +3°,8. mentre ai piedi del monte, a Clermont a 390^{m}, essa era di — 13.2. In pari tempo (dal 16-28 dicembre) nelle Alpi austriache essa può essere rappresentata dai numeri seguenti:

Stazioni	Altezza	Media diurna
Klagenfurt . . .	440^{m}	— 16.2
Obir	2040.	— 4.5
Ischl	467.	— 11.8
Schafberg . . .	1776.	— 0.5

Digitized by Google

zioni, anche laddove cascarono nello stesso giorno. Così a Mondovì (556m), a Cuneo (555m), ad Aquila (735m), a Potenza (828m) si ebbero rispettivamente massimi di 23°.3, 26°.9, 22°.0 e 19°.4, mentre a Mantova (32m), a Modena (64m), a Pesaro (14m) ad Ancona (30m) si raggiungevano appena quelli di 15°7, 16°1 14° 3 e 14° 6. Nella regione veneta, il massimo cadde precisamente il giorno 8 del mese nelle tre stazioni che seguono. Or bene, ecco quale è la loro rispettiva altitudine e la massima assoluta avvertita quel giorno:

Stazioni	Alt. in metri	Massima temp. assoluta.
Rovigo . . .	9	15.°8
Padova . . .	31	15.8
Belluno . . .	404	20.8

La inversione della temperatura, oltre che manifestarsi in alcune epoche dell'anno, e specialmente nelle più fredde, si verifica in alcune ore del giorno e propriamente dopo tramontato il sole, massime nelle regioni montuose. Allora avviene che gli strati dell'aria più contigui al suolo tendono a disporsi secondo la legge naturale della densità, cioè i più pesanti nel fondo, i meno pesanti superiormente. Ma gli strati più pesanti sono anche i più freddi, per cui i fondi delle vallate e in genere le depressioni verranno occupate da ammassi di aria fredda, mentre l'aria tepida, già messa in moto dalla insolazione diurna, continuerà il suo movimento ascendente lungo i fianchi delle montagne, arrecando seco una temperatura più elevata di quella che regnerà nelle bassure.

In grande, questo procedimento medesimo, quello cioè della discesa e del successivo stagnamento dell'aria fredda e pesante nel fondo delle vallate, può servire a spiegazione della così frequente inversione delle temperature invernali in molte vallate, e specialmente in quella del Po, dov'essa però può anche essere favorita da altre cause, e, prima che tutte, dalla particolare postura della catena alpina e dalla esposizione meridiana, nella quale si trovano molte delle stazioni elevate della regione, che di consueto son messe a confronto. Parimenti vuolsi rammentare che il grande stagnamento di aria fredda che (come dicemmo) coperse le bassure di buona parte d' Europa durante l'inverno del 1879-80, fu accompagnato allora da un' altra anomalia, cioè da una costante altissima pressione barometrica, che concorse a mantenere immobile o quasi, per lungo tempo, tale massa aerea, dov'essa si trovava.

5. Dopo quanto s' è detto intorno all' effetto della insolazione sulla temperatura atmosferica, sarà facile comprendere come i periodi solari, ai quali la Terra è esposta, avranno per conseguenza la formazione di altrettanti periodi resi patenti da relative variazioni nella temperatura dell'aria. Ora, i periodi solari noti ed indiscutibili son due, il diurno e l'annuo, e in relazione ad essi abbiamo realmente una variazione termica diurna ed una annuale. La esistenza di un terzo e maggiore periodo, già ricercata dai fisici e forse accennata da qualche osservazione, ancora non ha sufficiente conforto di fatti per poter senz'altro essere ammessa.

Il periodo diurno ha luogo mediante una oscillazione della temperatura che accade con una certa norma, e cioè partendo da un *minimo* verso un *massimo*, dal quale si ritorna verso un minimo, che viene di consueto nuovamente raggiunto dopo 24 ore. Dalle premesse svolte, si dovrebbe inferire che l'ora del massimo dovesse coincidere coll'ora della massima altezza del sole, e quindi col mezzogiorno solare di ciascuna località. Senonchè (e ciò vale per tutto il globo, salvo le regioni poste entro i circoli polari) v' è una causa che altera questo logico procedimento, ed è la esistenza del periodo notturno, durante il quale la irradiazione dalla Terra verso lo spazio e quindi il suo raffreddamento non segue soltanto fin verso la mezzanotte, istante in cui il sole si trova all'antimeridiano di un determinato luogo, ma continua anche dopo quell'ora, anzi perdura finchè il sole non sia tornato sull'orizzonte. Quindi l'ora del minimo cadrà verso le ultime ore della notte. D'altra parte il sole, levandosi sopra un dato orizzonte, non ne ritrova il suolo e l' aria sovrastante riscaldati, come li avea lasciati tramontando, e deve impiegare un certo tempo per compensare il calore in tal guisa perduto. Ond'è che l' ora del massimo cadrà alquanto dopo di quella in cui avviene la massima altezza del sole.

La volgare esperienza e ad un tempo la semplice considerazione teorica, già da molto tempo, avevano notato la verità dei fatti ora accennati, allorchè un secolo addietro essi ebbero conferma dalle osservazioni dei dotti, primo di tutti un italiano, il Chiminello, al quale tennero dietro il Toaldo ed altri infiniti (1). Adesso, dopo molteplici raffronti ed

(1) CHIMINELLO, *Ricerche sopra la causa più efficace del doppio flusso e riflusso cotidiano dell' atmosfera*, — *Saggi scientifici* ecc. Padova, 1786; — TOALDO, *Saggio*

Digitized by Google

esami, si può ritenere che l' ora del minimo o coincida coll' alzarsi del sole o di poco lo preceda (1), mentre l'ora del massimo casca intorno alle due pomeridiane. Come si vede, necessariamente, l'ora del minimo, salvo che nelle regioni equatoriali, è oscillante colle stagioni, come è oscillante colle stagioni l' ora del levarsi del sole. Maggiore stabilità ha l'ora del massimo, benchè essa pure tenda a ritardare nella stagione estiva e ad anticipare nella stagione invernale.

Oltre alla influenza delle stagioni, nel determinare l' ora degli estremi termometrici, concorrono anche le influenze locali. Per esempio, sugli oceani, il minimo accade 1 o 2 ore prima dell'alzarsi del sole, il massimo circa 1 ora dopo il mezzogiorno; nell'interno delle terre le ore preferite son quelle da noi indicate, con molte variazioni. Così a Modena il Ragona trovò che in media l' ora del minimo casca corrisponde alle 5.^{ore} 47^{m} ant. e quella del massimo alle 2.^{ore} 54$^{m.}$ pom., e il Jelinek, per Praga, trovò rispettivamente i valori di 5.^{ore} 34$^{m.}$ e 2.^{ore} 53 pom.

Nelle regioni circumpolari, durante l'epoca della cosidetta *stagione oscura*, la oscillazione diurna della temperatura non ha luogo, od è così leggera da diventare trascurabile. Quindi allora non è il caso di parlare di ore di minimi e di massimi, perchè non vi sono nè minimi nè massimi. Nell'estate, o meglio in quella sua epoca durante la quale il sole non tramonta mai, l'oscillazione diurna ha luogo, anzi segue naturalmente l'altezza del sole, la quale è massima al mezzogiorno, minima alla mezzanotte, ma in nessun caso nulla. In tali circostanze il minimo termometrico avviene qualche tempo dopo la mezzanotte, come il massimo qualche tempo dopo il mezzogiorno. Così a Wardhöe (lat. 71° N.) dove, mentre nel dicembre la differenza della temperatura non supera un decimo di grado nelle 24 ore e in giugno arriva a 3°5; in questo mese si nota verso 1^{ora} 9$^{m.}$ del mattino un minimo di 7°2 e verso le 2^{ore} 49$^{m.}$ della sera un massimo di 10°7.

Se si potesse poi determinare la temperatura di tutti gl'istanti che compongono le 24 ore di un dato giorno, e poi, sommate tali temperature, il prodotto di tale somma si dividesse pel numero degl'istanti, si otterrebbe la *media temperatura* di quel giorno. La temperatura di moltissimi istanti (se non di tutti per essere il loro numero infinito) può ottenersi mediante certi strumenti registratori; ma, anche senza il loro aiuto, la media temperatura di un giorno, con grandissima approssimazione, può essere rappresentata dalla media di 24 osservazioni compiute ad un'ora di distanza una dall' altra. Molteplici prove fatte e ripetute in svariatissime condizioni mostrarono che tale media si può ottenere anche servendosi di un numero minore di osservazioni, purchè fra queste interceda lo stesso intervallo di tempo (cioè 12 osservazioni biorarie, 8 triorarie, 6 ogni quattro ore, 4 ogni sei ore, 3 ogni otto ore e persino 2 ogni dodici ore), qualsisia l'ora della osservazione. Soltanto è da avvertire che in questi casi, più che d'ordinario non sia, la media ha tanto maggior valore quanto più numerosa è la serie delle osservazioni dalle quali risulta (1). Lasciando da parte speciali combinazioni escogitate per ottenere da un piccolo numero di elementi dei valori di grande approssimazione (2), è certo ancora che, grazie alla natura della curva che la temperatura descrive nelle 24 ore, vi saranno due istanti nel giorno (uno al mattino e l'altro alla sera), nei quali la temperatura sarà eguale in valore alla media diurna. Se si potesse cogliere uno dei due istanti in cui questa coincidenza ha luogo, l'osservazione fatta allora renderebbe inutili tutte le combinazioni studiate per dare la media temperatura diurna. Senonchè tali istanti della media temperatura sono variabili colle stagioni, colla latitudine e, in genere, colle peculiari circostanze climatiche dei varî luoghi terrestri.

Generalmente, nelle regioni temperate, l'ora del medio mattinale corrisponde circa alle 9 antim., e l'ora del medio della sera circa alle 8 pom.; ma quella nell'inverno può ritardare fino alle 10 e nell'estate anticipare fin circa alle 7 $^1/_2$; questa varia nelle stagioni di quantità minori, ma in modo alquanto più irregolare.

meteor. sulla vera influenza degli astri, Padova, 1781, pag. 11.

(1) In qualche stagione o in qualche località anche lo segue, ma di brevissimo tempo. Ciò, per es., avviene nell'estate a Cristiania, a Modena ed altrove.

(1) Ecco, per esempio, quali sarebbero le medie risultanti da una serie lunghissima di giorni, in quattro importanti stagioni, a seconda che si assumano a base 24, 8 o 4 osservazioni equidistanti fra loro:

	Media di 24 osserv.	Media di 8 osserv.	Media di 4 osserv.
Lisbona	15°.95	15°.94	15°.99
Praga	7. 12	7. 12	7. 12
Leith (Scozia)	9. 02	9. 03	9. 03
Monaco	5. 76	5. 75	5. 88

Cnfr. *Ann. météorol. de Montsouris*, 1876, pag. 99.

(2) Vedi più avanti nel capitolo della *Climatologia*.

Digitized by Google

Prendendo la media di tutte le medie temperature dei giorni di un mese, si ottiene la media *mensile;* prendendo quella di tutti i giorni dell'anno, si ottiene la *media temperatura annuale.* Nelle temperature dei giorni di un mese non si trova traccia di periodo alcuno, salvo il caso di speciali accidentalità, mentre l'esistenza di un periodo annuo è evidente almeno per tutte le regioni terrestri che sono escluse dalla zona torrida. Anche in questo caso, la curva parte da un minimo e va verso un massimo, per raggiungere di nuovo il minimo circa dodici mesi dopo avvenuto il minimo precedente. E per quanto, come sappiamo, tale variazione annua abbia la sua causa nel moto del sole, i suoi punti critici non coincidono coi punti critici del moto solare, con una certa analogia con quanto avvertimmo a proposito della variazione diurna. Diffatti, quantunque la massima insolazione del suolo e la massima declinazione del sole per ciascuno dei due emisferi terrestri, abbiano luogo all'epoca del solstizio estivo proprio di quell'emisfero, e la minima insolazione e la minima declinazione all'epoca del solstizio invernale rispettivo, le massime e le minime temperature, di regola, non coincidono con tali date, ma di consueto si notano ritardate rispetto ad esse. Così nelle zone temperate e fredde dell'emisfero settentrionale il mese più caldo dell'anno è il luglio, il più freddo il gennaio; in quelle dell'emisfero settentrionale l'inverso. Nelle regioni della zona torrida spesso i mesi più caldi sono quelli più prossimi agli equinozi, fatto che si verifica generalmente avvicinandosi all'equatore.

Nelle regioni temperate, invece, i giorni prossimi e più propriamente successivi agli equinozi, son quelli la cui temperatura in media più s'approssima alla media annuale; e quindi i mesi più temperati risultano essere l'aprile e l'ottobre.

Le circostanze ora accennate già bastano a mostrare la opportunità di una divisione dell'anno in istagioni meteorologiche alquanto diverse dalle astronomiche e dalle civili. Difatti una convenzione, ormai accettata universalmente, ha fissato che l'anno meteorologico vada dal 1.° dicembre di un anno civile al 30 novembre dell'anno successivo e che quindi le stagioni siano divise in modo che l'*inverno* comprenda il dicembre, il gennaio e il febbraio; la *primavera* il marzo, l'aprile e il maggio; l'*estate* il giugno, il luglio e l'agosto; l'*autunno* finalmente il settembre, l'ottobre e il novembre. Di tali stagioni, che del resto presentano una spiccata correlazione coi periodi di vegetazione nelle zone temperate e fredde, ognuna offre caratteristiche distinte, più decisamente delineate dal mese centrale di ciascun gruppo, in modo che le due stagioni termicamente *estreme*, inverno ed estate, hanno alla metà del loro decorso i due mesi *estremi* del *gennaio* e del *luglio*, e le due stagioni *temperate* della primavera e dell'autunno hanno nel loro mezzo i due mesi *temperati* dell'*aprile* e dell'*ottobre*.

Le quali cose riescono evidenti, se si ponga mente alle medie mensili di alcune stazioni scelte fra le più accreditate del globo. Di-

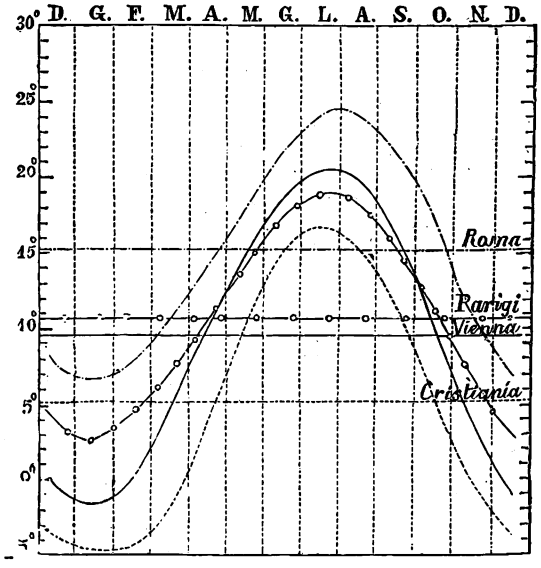


Fig. 456 — Andamento annuo della temperatura a Christiania, a Vienna, a Parigi e a Roma.
NB. Le iniziali D. G. ecc. indicano i vari mesi.

fatti ecco quali sono le temperature dell'anno a Christiania, a Vienna, a Parigi e a Roma.

	Christiania (33 anni)	Vienna (100 anni)	Parigi (74 anni)	Roma (25 anni)
Dicembre.	—3°.5	—0°.3	3°.7	7°.4
Gennaio .	—5. 1	—1. 7	2. 4	6. 7
Febbraio .	—5. 0	0. 1	4. 5	8. 1
Marzo. .	—1. 8	4. 3	6. 4	10. 3
Aprile .	3. 8	9. 9	10. 1	13. 9
Maggio .	9. 9	15. 1	14. 2	17. 9
Giugno .	14. 8	18. 8	17. 2	21. 9
Luglio .	16. 5	20. 5	18. 9	24. 6
Agosto .	15. 3	19. 7	18. 5	24. 3
Settembre.	11. 3	15. 9	15. 7	21. 2
Ottobre .	5. 5	10. 0	11. 3	16. 6
Novembre	—0. 1	3. 9	6. 5	10. 9

Digitized by Google

Ora ecco quali sarebbero per le medesime stazioni le medie delle stagioni e dell'anno:

	Christiania	Vienna	Parigi	Roma
Inverno	—4°.5	0°.6	3°.5	7.4
Primavera	4. 0	9. 8	10. 2	14. 0
Estate	15. 5	19. 7	18. 2	23. 6
Autunno	5. 6	9. 9	11. 2	16. 2
Anno	5. 2	9. 7	10. 8	15. 3

Dal confronto che ognuno può istituire fra le medie di stagione e quelle dei varî mesi dell'anno, può agevolmente afferrare alcuna delle ragioni per le quali, allorchè si voglia con poche cifre esprimere l'andamento della temperatura, si prescelgano ad esprimerla le medie di alcuni mesi, cioè del gennaio e del luglio, dell'aprile e dell'ottobre.

Oltre che due mesi, lungo l'anno si notano due giorni di temperatura estrema, giorni che, pur oscillando al di qua e di là, coincidono press'a poco con una medesima data, o almeno da quella differiscono di poco; e lo stesso si può dire dei due giorni la cui media corrisponda alla media annua.

Ecco quali sono queste date e questi valori per due fra le stazioni accennate più sopra:

Medie diur.	Roma valore	Roma data	Christiania valore	Christiania data
Minima .	6.6 .	5 gennaio	—5.4 .	31 genn.
Massima.	24.9 .	30 luglio	16.5 .	16 luglio
Media . .	15.3 .	30 apr. e 23 ott.	5.2 .	23 apr. 16 ot.

Richiamandoci a quanto dicemmo in addietro, il valore di una media termica diurna può risultare da elementi assai disparati. Vi sono estese regioni sul globo, nelle quali la temperatura del giorno varia così poco da un'ora all'altra, che fra il massimo ed il minimo non intercedono se non pochi gradi. In pieno oceano Atlantico, specialmente fra l'equatore e 10° di lat. settentrionale, ben di rado avviene una differenza di 1°6 fra il massimo ed il minimo di una stessa giornata.

Le isole e i paesi di coste, pur allontanandosi da tale uniformità, mostrano una certa costanza nella temperatura del giorno: a Funchal (Madera) la media escursione diurna arriva appena a 4°.7, e in nessun mese supera 5°.3; a Lesina (isola Dalmate) è di 4°.9; a Lisbona di 6°6. Quest'ultima già supera l'escursione di 6°5, che in pieno Atlantico equatoriale si nota nello spazio di un mese.

Nell'interno delle terre tali escursioni diventano assai più notevoli. Già a Roma la media escursione termometrica può arrivare agli 11°4 (in luglio); a Madrid a 14°.5 (luglio); a Nukuss, presso il lago d'Aral, a 16°4; nel deserto di Sahara, a Murzuc, a Cufra ed altrove, a 20 e più gradi.

Nella tabella presentata alcune pagine addietro si vede che anche fra la media del mese più caldo e quella del mese più freddo non ha luogo in tutte le stagioni una eguale differenza (1). Così a Roma e a Parigi essa si limita a 17°.9 e a 16°.5, mentre a Vienna e a Christiania arriva a 22°. 2 e 21° .6. Questa escursione annuale fra le medie mensili è essa pure minima nelle isole e massima nell'interno dei continenti, sembra maggiore nell'emisfero settentrionale che non nel meridionale; e cresce, in genere, col crescere della latitudine, mentre sovente diminuisce coll'altitudine. Al passo di S. Teodulo e al S. Bernardo oscilla fra 14°4 e 15°2, mentre nella Svizzera e nella pianura padana oltrepassa normalmente i 20 gradi. A 70° di latitudine si stima pari a circa 35 o 36°; sotto l'equatore discende ad 1° o 2°. La massima di tali escursioni pare sia stata segnata a Jacutsc, dove è arrivata a 58°.2.

Tutte le escursioni finora accennate sono escursioni *periodiche*, cioè son dedotte dalle medie dei dati estremi, massima e minima. Ma, nello spazio di un giorno, le escursioni accidentali possono essere ben maggiori, se si prenda la differenza fra la massima assoluta e la minima assoluta. Allora si vede che le stesse stazioni insulari possono segnalare di tali escursioni accidentali che ammontano a 10 o 12°; e nell'interno delle terre, come a Madrid, a 20 o 22°; mentre nelle regioni desertiche esse possono giungere anche a 30 o 40°. L'Hann rammenta a questo proposito due o tre fatti molto cospicui, ed atti a mostrare i valori grandissimi che assumono le escursioni termiche nei deserti (2). Il 25 dicembre 1878 il Rohlfs, trovandosi a Bir Milrha, a mezzodì di Tripoli, a 314^{m} sul mare, segnalava nellè ore del mattino — 0°. 5, in quelle del pomeriggio 37°. 2, cioè un'escursione assoluta di 37°7. Il Mitchell, nella regione nord-ovest dell'Australia, il 2 giugno notava presso il levar del sole la bassissima temperatura di — 11° 6, intorno alle 5 pomer. quella di 19. 4: in questo caso un'escursione di 31°. Nel deserto di Gobi o Sciamo, la primavera è caratterizzata da così rapidi e forti sbilanci di temperatura che il Przevalski in uno stesso giorno notò dei salti da + 20°. 5 a — 18°

(1) V. Supan. *Die Vertheilung der jährlichen Wärmeschwankung auf der Erdoberfläche*, sep. Abdruck a. Kettlers *Zeitschrift f. wissensch. Geogr.* B. 1,, Heft. 4.

(2) Pag. 95.

Digitized by Google

del centigrado, cioè delle escursioni di 38°. 5 e in pochi giorni da + 35° a — 20°, cioè delle escursioni di 55° (1). E a Wickenburg nell'Arizona (a 34.° N. e 620^{m} d'altezza) negli Stati Uniti, si arrivò a segnare al 1° agosto 1877, in un solo giorno, un'escursione di 40°.

Naturalmente, se si abbraccia il periodo di un anno, l'escursione fra le massime e le minime cresce notevolmente. Durante un tale periodo la differenza fra le medie estreme a Funchal arriva già a 18°, e a Gibilterra a 31°5; ma a Madrid sale a 46° 5. In genere poi, sempre servendosi delle medie massime e minime di un certo periodo, quasi tutte le regioni, cosidette temperate, presentano delle escursioni annue oscillanti fra 40 e 50° ed anche più. Così, per alcune importanti stazioni, la cosa può esser resa evidente dalla seguente tabella.

Stazioni	Medie massime	Medie minime	Escursione annua
Parigi	33.5 . .	— 9.8 . .	43.3
Vienna	33.9 . .	—15.1 . .	49.0
Alessandria . .	34.6 . .	—10.9 . .	45 5
Roma	35.0 . .	— 3.5 . .	38.5
Lesina	32.9 . .	— 1.6 . .	34.5
Atene	38.4 . .	— 1.8 . .	40.2

Se ci spingiamo nelle regioni desertiche di cui facemmo parola, è facile superare i 50° e più d'escursione. Tipica per questo genere di eccessi sarebbe la città di Urga, posta nel deserto di Gobi o Sciamo, a 48° di lat. N. a 107° E. da Greenwich e a 1150^{m} sul mare. In 6 anni di osservazione la media delle massime ivi attinse + 38°. 0 e la media delle minime — 42°. 6: onde un'escursione di ben 60.° 6.

Finalmente ancora questi termini sarebbero superati se si ponessero a confronto i massimi e i minimi *assoluti* di uno stesso anno o, peggio ancora, di più anni di osservazioni. Così a Roma, il 23 gennaio 1869, si ebbe una minima assoluta di — 6.° 0, e nel 7 luglio del successivo 1870 si notò quella di 35.° 5 con un'escursione di 41.° 5; così a Parigi (Montsouris) nel freddissimo dicembre 1879 si ebbe un minimo assoluto di — 23°. 9, mentre nel 3 agosto di quello stesso anno si ebbe un massimo assoluto di 32°. 2: l'escursione, quindi, 55°. 1. A Parigi stessa poi in 183 anni d'osservazione fra la massima assoluta più grande, cioè quella di 40°. 0 registrata il 26 agosto 1765 e la minima assoluta più grande, cioè quella di — 23°. 9 ora accennata, corre l'enorme differenza di 63°. 9; a Vienna tale differenza è oltrepassata nel solo periodo che decorre dal 1829 al 1875, poichè vi si registrarono un massimo assoluto di + 38°. 8 (avvenuto al 14 luglio del 1832) e un minimo pure assoluto, di — 25°. 5, (accaduto al 22 gennaio 1850) da cui una differenza di 64°. 3.

La variazione annua oltre, e fors'anco meglio, che non da questi estremi, può essere convenientemente rappresentata dal procedimento delle medie temperature dei singoli mesi od anche di periodi più brevi del mese, come sarebbero le decadi. Discendere a così minuta esposizione di tali fenomeni ci trascinerebbe fuori dei limiti prefissati a questo nostro lavoro, e d'altra parte quanto riguarda le medie mensili e il loro andamento è già stato da noi accennato in questo stesso capitolo e verrà nuovamente svolto in quello che concerne la climatologia. Per di più esso viene ad essere tema di apposite tabelle, che corredano l'opera nostra e alle quali ciascuno, se vuole, può ricorrere (1).

6. Ci rimane però ancora adesso da dire qualche parola intorno alle variazioni che la temperatura subisce a periodi più lunghi che non sia il periodo annuo.

Allorchè si afferma che la temperatura media annua di un luogo è rappresentata da una determinata cifra, si è ben lontani dal credere che quella cifra risulti precisamente ogni anno dalla media di tutte le temperature dei giorni di quell'anno per quella data località. Perchè quella cifra presenti un vero valore, essa deve risultare, quale una media, dalle medie di molti anni di osservazione, le quali rare volte coincideranno esattamente fra loro e colla media finale, ma di consueto oscilleranno in su e in giù rispetto al valore di quest'ultima. Questo valore medio di una serie di anni di osservazione assume il carattere di temperatura *normale*, allorchè il grado di errore probabile, da cui esso è affetto, è nullo o trascurabile. Per raggiungere tale qualifica, tuttavia, è mestieri che la serie d'anni, dai quali risulta la media *normale* annua, sia molto lunga, e più lunga ancora allorchè si voglia trovare le medie *normali* mensili e decadiche o giornaliere. A Parigi, per es., ecco quali sarebbero le medie normali di alcune pur grosse serie di anni.

(1) *Revue des cours scient.*, vol. XIII pag 373; — *Geogr. Jahrb. von Böhm*, 1878, pag. 31.

(1) Vedi i **Prospetti** in fine dell'opera.

Digitized by Google

	1734-40	1806-20	1821-50	1851-72	1873-81
Gennaio .	3°.7. .	2°.1 .	1°.9 .	3°.0 .	2°.5
Aprile. .	8.9. .	9.6 .	10.1 .	10.7 .	10.2
Luglio. .	19.4. .	18.5 .	18.9 .	19.2 .	19.2
Ottobre .	11.0. .	11.1 .	11.4 .	11.3 .	10.7
Anno . .	10.7. .	10.6 .	10.8 .	10.8 .	10.7

Come si vede, dei periodi di 22 e di 30 anni presentano delle medie annue ancora discordanti fra loro di 2 decimi di grado, e delle medie mensili discordanti per ben oltre 1°, anzi, qualora si consideri (il che forse non conviene) il vecchio periodo del 1734-40, anche di 1°.8.

Anzitutto questo esige che, per ottenere una media normale che valga, si debba servirsi di una serie assai lunga di anni d'osservazione, serie che varia da luogo a luogo a seconda delle condizioni climatiche. Così, per ottenere nelle due stazioni di Mosca e di Pechino delle medie normali che non fossero affette da errore probabile maggiore di ± 0.°1, sarebbe necessario di trarle da un numero d'anni non inferiore di quello indicato qui sotto.

	Medie normali dell'anno	del gennaio	del luglio
Mosca - anni d'osserv.	43 . .	742 . .	139
Pechino » »	15 . .	94 . .	71

In genere, nelle nostre stazioni dell'Europa centrale, una buona media normale annua si può trarre da 40 anni d'osservazione; in quelle del bassopiano nordest da 60; mentre nelle stazioni della zona torrida talvolta bastano 3 o 4 anni per avere una normale annua, e pochi anni di più per ottenere delle normali mensili.

Del resto, le deviazioni, che le medie di uno o di un altro anno presentano rispetto alla media normale, non aumentano sempre in ragione della variabilità del clima. Con quest'ultimo nome noi designamo di preferenza la facilità di rapide e notevoli alternative e di forti escursioni da giorno a giorno nel volger di un anno, e vedemmo in parte, e parlando del clima vedremo ancor meglio, come tale variabilità generalmente vada crescendo dall'equatore verso le alte latitudini e dalle coste verso l'interno. Anche la tendenza a deviare dalla media normale segue queste due norme, ma non sempre, nè fedelmente. Così, se vediamo che nel continente eurasiatico le massime deviazioni annue dalla normale si notano nella Finlandia, lungo le coste del mar Bianco e nella Siberia centrale ed occidentale e da tali regioni vanno decrescendo più rapidamente verso l'Atlantico e più lentamente verso il Pacifico; se vediamo che nell'America settentrionale la zona della massima deviazione è pure la intercontinentale, d'onde tale elemento diminuisce procedendo verso le due costiere; proseguendo nel paragone si vedono sorgere delle diseguaglianze. Difatti nel continente americano le cause perturbatrici che agiscono nel corso di un anno, mentre vi producono forti anomalie, riescono a compensarsi in una media finale annua che devia poco dalla media normale, mentre nel vecchio mondo, dove realmente tali cause appariscono più leggere, sembra che dominino con una persistenza maggiore e che si compensino forse secondo un periodo diverso dall'annuale. Perciò alla maggiore variabilità che domina di là dell'Atlantico, corrisponde al di qua una maggiore tendenza a deviare dalla media normale.

Riconosciuta la esistenza di tali deviazioni da una media normale, sorge naturalmente il quesito se esse possano avvenire secondo una determinata legge, in modo da dar luogo a un certo andamento ciclico.

È indubitato che, se realmente tali cicli fossero stati avvertiti negli osservatori terrestri, le cause esplicatrici dei medesimi non sarebbero mancate. Già nella parte astronomica dell'opera noi vedemmo come la Terra, assieme al sistema solare, sia tratta negli spazî celesti in modo ch'essa, in breve volger di giorni, occupa posti diversi per milioni di chilometri di distanza. Non potrebbero gli spazî celesti presentare diversità di temperatura da luogo a luogo? Vedemmo pure che gli stessi movimenti della Terra intorno al sole e le modalità che li accompagnano vanno modificandosi secondo un ritmo ciclico non indifferente al certo sulle sue relazioni col sole e sulle distribuzioni dei suoi climi matematici; vedemmo come la sua stessa vicinanza o lontananza da alcuni pianeti si avvicendi secondo una serie di periodi di varia lunghezza, ma esattamente ricorrenti; vedemmo finalmente come la stessa fonte suprema di calore e di luce pel globo vada soggetta a delle variazioni periodiche, probabilmente nemmeno esse scevre da influenze sulla sua propria potenza di emissione termica e luminosa. Non potrebbe la temperatura terrestre subire gli effetti di una fra queste cause od anche di tutte e tre assieme?

E realmente sulla Terra medesima si notarono alcuni fenomeni che accennerebbero a grandi oscillazioni nel clima. Lasciamo da una

Digitized by Google

parte i climi delle epoche geologiche, di cui già venne discorso e una delle quali assume un nome assai caratteristico ed espressivo, quello di epoca *glaciale*, ed atteniamoci proprio soltanto ai tempi storici, anzi ai più recenti e a noi prossimi. Ormai è una cosa notissima che tutti i ghiacciai d'Europa, da quelli delle Alpi a quelli della Scandinavia, dei Pirenei, del Caucaso, e aggiungasi pure a quelli della Groenlandia, sono in ritirata, cioè vanno sciogliendo le loro fronti (1).

Questo movimento, cominciato dai più precoci nel 1820 e dai più tardi nel 1870, si può considerare come generale in questa parte di mondo fra il 1850 e 1880, avvertendo però come qualche ghiacciaio (come, per esempio, quello dell'Aar) abbia cominciato daccapo a prolungarsi fin dal 1870, segnando anche ad altri la fine del grande periodo dl retrocessione.

Nè si creda che tale accorciamento si sia limitato a pochi metri. La fronte del ghiacciaio del Rodano nel 1830 era lontana di 859^{m} dalla morena del 1856; la fronte del ghiacciaio della Brenva nel 1778 era lontana di un chilometro della morena del 1846; il ghiacciaio del Rutor tra il 1864 e il 1879 s'è ritirato di forse 800^{m}; quelli della Groenlandia ben di più, come, ad esempio, il ghiacciaio di Jacobshavn, che dal 1850 al 1883 s'è accorciato di ben 7500^{m}. All'accorciamento in lunghezza corrisponde una diminuzione nello spessore e quindi nel volume del ghiaccio, che va sciogliendosi in copia enorme, specialmente in alcuni ghiacciai. Così si calcola almeno a 60 milioni di metri cubi il volume del ghiaccio in tal guisa sciolto nel ghiacciaio di Obersulzbach fra il 1856 e il 1882, a 175 milioni di metri cubi il ghiaccio liquefatto nel ghiacciaio del Rodano fra il 1856 e il 1880, e finalmente a 328 milioni di metri cubi (12 milioni di metri cubi per anno), quello del ghiacciaio di Pasterze fra il 1856 ed il 1883.

Adesso, del resto, come dicemmo, sembra che il movimeuto di retrocessione sia terminato e che incominci un nuovo periodo di avanzamento. Già una ventina di ghiacciai alpini, e dei meglio studiati, si allungano, e lo stesso fenomeno si avverte nelle alpi della Norvegia e nella Groenlandia. Ciò palesa adunque l'esistenza di una variazione periodica, della quale la fase attualmente esposta sarebbe la prima studiata attentamente, ma non sarebbe la prima in ordine di tempo, come non sarà probabilmente l'ultima. Difatti, sempre prescindendo dalla grande epoca glaciale, non mancano indizi di successive oscillazioni dei ghiacciai alpini in epoca storica più o meno recente, nelle cronache e nelle tradizioni delle vallate, nelle rovine di edifici umani, nei riempimenti di laghi, nella praticabilità od ostruzione di certi sentieri e in consimili testimonianze. I montanari sovente asseriscono che tali variazioni si succedono di sette in sette anni; ma in realtà il loro periodo è ignoto, e di molte località di montagne, nelle Alpi e fuori, si sa soltanto della vicenda avvenuta e nulla più. Questo dicasi del passo di Lötschen presso la Gemmi frequentato alla metà dello scorso secolo ed ora ostruito; del ghiacciaio di Gurgl nell'Oetzthal, certamente avanzatosi dopo il 1717; del ghiacciaio d'Aletsch, attraverso l'area occupata dal quale oggidì, nei secoli di mezzo si passava per recare i bambini al fonte battesimale; del ghiacciaio del Rutor soggetto a interrotti avanzamenti, ad uno dei quali devesi la formazione del laghetto omonimo sul principio dello scorso secolo (1); del ghiacciaio della Brenva (2); di molti stessi dei passi del Caracorum in Asia. Curiose sono a questo proposito le oscillazioni del ghiacciaio di Vernagt (nel Tirolo), il quale ebbe dei brevi periodi di rapido avanzamento del 1599 al 1601, dal 1678 al 1680, dal 1770 al 1772, dal 1820 al 1822, e finalmente dal 1840 al 1842, ai quali s'interpolarono dei lunghi periodi di sosta o di vera retrocessione. Il Fritz anzi credette di estendere alla catena alpina alcuni dei periodi ora accennati, interpolandone altri, ai quali possiamo aggiungere anche quello di retrocessione che

(1) La bibliografia di questo soggetto è andata facendosi così copiosa che a noi non resta se non accennare ad alcune fra le pubblicazioni più interessanti e più riassuntive che la riguardano. FRITZ H., *Die periodischen Längenänderungen der Gletscher*, in PETERM. *Mitth.* 1878, pag. 381; — SCHWALBE, *Ueber die Gletscher der Kaukasus*, ecc. in *Zeitschr. des d. u. oe. Alpenv.*, 1879, pag. 46; — STOPPANI, *Sull'attuale regresso dei ghiacciai nelle Alpi* in *Transunti* (18 dic. 1880) *della Acad. dei R. Lincei*, anno CCLXXIX e in *N.ª Antologia* del 1.° febbraio 1881; — FOREL, *Les variations periodiques des glaciers des Alpes* in *Eco des Alpes*, Genève, 1881, pag. 20; — id. ibid. 2.° *Rapporto*, 1882, pag. 138; 3.° *Rapporto* in *Jahrb. des schw. Alpenclub*, XVIII, 1882-1883, pag. 251, Berna, 1883; 4.° *Rapporto*, Ib. ibid. XIX, Berna, 1884; — VIRGILIO, *Sui recenti studi circa le variazioni periodiche dei ghiacciai*, in *Boll. del C. A. I.*, anno 1883, Torino, 1884, pag. 50; — RICHTER E., *Der Obersulzbachgletscher*, in *Zeitschrift des d. u. oe. Alpenvereins*, 1883, pag. 38 e seg.; — FREY D. M. *Ueber die Ursachen der Gletscherschwankungen*, id. ib. pag. 244; — HEIM, *Handbuch der Gletscherkunde*, Stuttgart, Engelhorn, 1885, pag. 695. — G. MARINELLI, *I più orientali ghiacciai d'Italia*, in *Boll. della Soc. Ven. trent. di Sc. nat.*, 3, 188 N. 4.

(1) BARETTI, *Il lago del Rutor*, in *Boll. del C. Alp ital.* 1880, pag. 43.

(2) VIRGILIO, l. cit. pag. 66.

Digitized by Google

sta per finire. Ecco quali sarebbero tali periodi:

Avanzamento	Retrocessione
1595-1610	. . . .
1677-1881	. . . .
1710-1716	. . . .
. . . .	1750-1767
1760-1786	. . . .
. . . .	1800-1812
1811-1822	. . . .
. . . .	1822-1844
1840-1850 o 55	. . . .
. . . .	1855-1880

Al primo istante, la mente, chiamata a riflettere sulla causa di accorciamento dei ghiacciai e trovando ch'esso viene immediatamente prodotto dalla cresciuta liquefazione della loro fronte, non può non ricorrere tosto alla idea che a produrla non entri come fattore principale, se non esclusivo, un aumento relativo di temperatura. Da ciò naturalmente il concetto che i periodi alternantisi di prolungamento e di accorciamento dei ghiacciai corrispondano ad altrettanti periodi di aumento o diminuzione nella temperatura della regione, nella quale si trovano. E, difatti, a congettura analoga ricorsero i primi geologi che vollero spiegare la diffusione dei ghiacci su gran parte del globo nell' epoca geologica che appunto ha il nome di glaciale. Senonchè essi s'imbatterono nell' obiezione che la flora allora esistente esigeva un clima caldo per lo meno come quello che adesso domina nelle rispettive regioni; obiezione che varrebbe anche oggidì, poichè tali oscillazioni cicliche dei ghiacciai sembrano prive di una sensibile influenza sulla vita e sullo sviluppo delle piante esistenti nelle zone che li circondano, vita e sviluppo che dovrebbero risentirsene, qualora a produrre tali oscillazioni avesse azione l'aumento o la diminuzione di qualche grado di temperatura (1).

Se non a riguardo del periodo glaciale geologico, almeno a riguardo dei più recenti cicli di oscillazione, la soluzione del problema parrebbe potesse venire fornita da un semplice

(1) Oltre le opere citate nella nota alla pag. 760, vedi Woeikoff, *Ueber Gletscher und Eiszeiten in Verhältniss zum Klima* in *Zeitschrift d. Gesellsch. für Erdk. zu Berlin*, 1881, pag. 217, e un riassunto in *Boll. dell'Assoc. meteor. ital.* 1883, pag. 8; — Blaserna P, *Sulla temperatura corrispondente al periodo glaciale*, *Nota* I., in *Trans. dell'Ac. dei R. Lincei*, 1883, vol. VII., fasc. 14.°, pag. 284; *Nota* II., id. ib. vol. VIII, fasc. 3.° pag. 79; *Nota* III., id. ib., vol. VIII, fasc. 4.°, pag. 101; — San Robert (di) Paolo, *Perchè i ghiacciai si vadano ritirando*, id. ib., vol. VIII., fasc. 2.° pag. 56.

parallelo fra essi e le temperature degli anni nei quali si svolgono. Senonchè è nota la povertà in cui siamo di lunghe serie di osservazioni meteorologiche, e sopratutto la incertezza che domina sulla esatta rispondenza degli strumenti adoperati nei primi tempi in tali osservazioni. Vero è poi ancora che laddove, come a Parigi (per 109 anni), a Milano (per 118 anni), a Vienna (per 100 anni), si fecero le osservazioni più lunghe e più attendibili, la temperatura media offerta dai gruppi di parecchi anni, raccolti secondo gli accennati periodi, non mostrò nessun aumento, nè nessuna diminuzione sistematica. Aggruppate le medie in serie più brevi, talvolta vi si scorgono delle oscillazioni in su e in giù; ma nè queste anomalie hanno luogo in coincidenza o in una certa relazione con analoghi movimenti dei ghiacciai e nemmeno l'andamento delle oscillazioni segnalate in uno concordano con quello delle oscillazioni segnalate in un altro osservatorio nello stesso periodo. Così, ad esempio, all'avanzamento dei ghiacciai che si nota tra il 1760 e il 1766 dovrebbe corrispondere una diminuzione di temperatura negli osservatori. Ora, la media temperatura del periodo del 1763-1785 a Parigi (prima del 1763 le osservazioni non sono attendibili) è di 11°2, cioè di circa 4 decimi di grado più alta della media normale di quell'osservatorio. Lo stesso fenomeno si nota riguardo ad un altro periodo e ad altre stazioni meteorologiche. Nella città di Udine, a mo' d'esempio, durante un quarantennio (1803-1842) di osservazioni fatte da una stessa persona, il Venerio (1), si ebbe la media normale di 12.°75; però in modo che nel 1.° decennio la media fu di 12.°85, nel 2.° di 12.°88, nel 3.° di 12.°50, nel 4.° di 12.°75. Stando a queste cifre e qualora le variazioni periodiche dei ghiacciai dipendessero da tali deviazioni nelle medie termiche, il 2.° periodo (1813-22) avrebbe dovuto essere di retrocessione e il 3.° (1823-1832) di avanzamento dei ghiacciai. Invece il periodo 1812-1822 è notato come periodo di avanzamento e il successivo come periodo di stazionarietà, anzi sul suo scorcio, intorno al 1830, ha principio il grande periodo di rinculo, che adesso probabilmente sta cessando.

La discordanza poi fra l'andamento delle medie termiche annue, di due stazioni diverse, qual'è quello che graficamente rappresentammo nella figura seguente (Fig. 457.ª), ci sembra un

(1) Venerio Girolamo, *Osservazioni meteorologiche, fatte in Udine nel Friuli pel quarantennio* 1803-1842, Udine, Vendrame, 1851.

Digitized by Google

fatto molto grave e tale da far ritenere secondaria la influenza delle oscillazioni medie annue della temperatura nel determinare le variazioni cicliche dei ghiacciai, che dovrebbero dipendere in ogni caso da una mutazione termica estesa uniformemente ad una vasta regione. Forse maggiore azione su tali variazioni potrebbero avere le oscillazioni nella media dell'estate, cioè della stagione in cui avviene, o in via esclusiva o in via proporzionale, la massima ablazione dei ghiacciai.

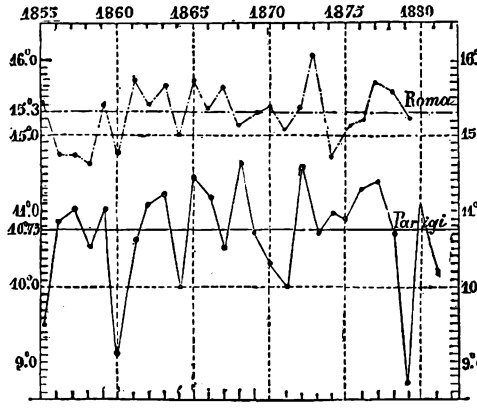


Fig. 457. — Discordanze nella temperatura media annua fra Roma e Parigi.

Ma, piuttosto che da tali oscillazioni termiche, il maggior numero dei geografi adesso inclina a far dipendere le variazioni periodiche dei ghiacciai dalla maggiore o minor copia di neve che scende ad alimentarli, e quindi pensa ch'esse debbano concordare colla maggiore o minore piovosità dei varî periodi meteorologici. Tuttavia, anche in questo caso, allorchè si procede all'esame delle tabelle meteorologiche, che riassumono le condizioni udometriche di lunghi periodi, e se ne posseggono di veramente copiose (1), non si riscontra quella evidente e cospicua corrispondenza che torrebbe ogni dubbio sulla dipendenza dei due fenomeni. Quanto pare veramente assicurato si è la esistenza di una certa alternanza nelle fasi di maggiore o minore piovosità in uno stesso osservatorio e in guisa più spiccata che non siano le alternanze nei medî valori termici. Ma tali alternanze non si manifestano sempre in accordo fra loro, nemmeno allorchè si tratti di osservatorî vicini e posti in condizioni topografiche non molto diverse; e questo naturalmente rende difficile la fissazione di una legge che rappresenti l'andamento della piovosità per un'intera regione, legge che dovrebbe avere un certo carattere di generalità per accordarsi con un fenomeno generale come quello delle discusse variazioni nella lunghezza dei ghiacciai. E ancora meglio che dalla esistenza di un periodo imbrometrico o termico considerati isolatamente, le cagioni del fenomeno possono provenire da una certa concomitanza di speciali condizioni di temperatura e di precipitazione. Così, per esempio, il susseguirsi di parecchi inverni assai piovosi al piano e quindi nevosi al monte, e per questo non molto freddi, con estati miti e fresche, dovrebbe favorire l'aumento dei ghiacciai, senza alterare sensibilmente la media annua di temperatura e alterando di poco quella della piovosità complessiva. Facendo poi dipendere l'avanzamento delle fronti dei ghiacciai da accrescimento di nutrizione nevosa in alto e da diminuita ablazione in basso e la retrocessione da diminuita nutrizione e da cresciuta ablazione, il processo naturalmente si complica e per il modo e per il tempo di manifestazione. Così è naturale e noto che una mutazione nella copia di neve che casca nella regione superiore del ghiacciaio non fa sentire i suoi effetti inferiormente, se non molto tempo (in frequenti casi non meno di un ventina di anni) appresso, mentre gli effetti termici sull'ablazione inferiore, generalmente, sono più immediati, riescendo però diversi da località a località, da ghiacciaio a ghiacciaio a seconda delle altitudine, dell'esposizione, della maggiore o minore copertura di morene, le quali cose tutte, lo si sa, agiscono accelerando o ritardando la fusione del ghiacciaio. Perciò la difficoltà di ridurre a poche linee principali un fenomeno variabile a seconda che le due cause principali efficienti si alternano, si associano o si contrastano fra loro e colle cause di variazioni locali.

Però non è questo il momento di andar al fondo di un problema, la cui trattazione avrebbe trovato il suo vero posto altrove. Quanto adesso dicemmo ci sembra sufficiente a trarre la conclusione che le variazioni cicliche dei ghiacciai non bastano ad inferirne un analogo periodo di variazioni termiche nelle regioni dov'esse han luogo.

E alla stessa conclusione negativa pare conducano le ricerche istituite specialmente sulle flore e sulle faune, per dedurre se la tempe-

(1) Per esempio, in Italia: Padova dal 1725 in poi; Milano dal 1764; Chioggia dal 1771 al 1813 e dal 1869 all'84; Klagenfurt dal 1813. Parigi dal 1689 al 1754; dal 1773 al 1797 e dal 1804 in poi; Udine dal 1803 al 1842 e dal 1867 ad oggi, ecc.

Digitized by Google

ratura del globo abbia o meno subito qualche modificazione e probabilmente una diminuzione dai primi tempi storici ad oggi (1). A dir vero, la persistenza di alcune culture, di certe piante o di certi animali nelle località dove fiorivano, o vivevano nei primi tempi biblici, non sono una prova decisiva in favore della inalterabilità del clima, nè la loro disparizione ne costituisce una in favore della sua variabilità. Piante ed animali, e specialmente questi ultimi, sono soggetti a tante e così svariate influenze da parte di agenti diversi, ch'è difficile assegnare la causa principale che talvolta ne uccide le specie o le obliga a migrare; e d'altra parte le une e gli altri hanno una certa attitudine ad acclimatarsi, per cui una non grande mutazione della temperatura può passare quasi senz'effetto sulle culture, sulle flore e sulle faune proprie di una determinata località. Tuttavia lo scomparire, lo spostarsi, lo scemare, l'intisichire di una data cultura e specialmente di quella di alcune specie molto delicate e caratteristiche, l'anticipazione o il ritardo nelle epoche delle seminagioni, delle fioriture e della maturazione, e consimili fatti, possono fornire utili indizi per inferirne una mutazione di clima e specialmente se essi si uniscono ad altri, quali le durate dei geli nei fiumi e nei laghi, le comparse delle prime nevi o delle prime brine ed altri di simil fatta. Ora, veramente, alcune parziali mutazioni di culture sono state segnalate qua e là in certe località. Così la palma del dattero è scomparsa da Barcellona, dove cresceva ancora nel sec. XV (2); così si cita come oltremodo ristretta la cultura dell'ulivo e dell'arancio nella Provenza meridionale, anzi quest'ultima cultura è ormai ridotta al piccolo arcipelago di Hyères (3); così l'ulivo è scomparso in molte parti d'Italia, dove un tempo prosperava, e si asserisce parimenti essersi abbassato il limite superiore delle foreste lungo le pendici alpine e carpatiche ed essere in moltissimi luoghi deteriorata; in altri, come sulle spiaggie del canale di Bristol, nelle Fiandre e nella Bretagna francese, scomparsa la coltura della vite; in altri ancora, come nella Germania, notevolmente retrocessa verso mezzogiorno. Nè crediamo di aggiungere la emigrazione delle specie animali, fra le quali si cita, ad esempio, quella del leone e di alcune specie di serpi dall'Europa meridionale, dall'Asia Minore e dalla Siria.

Contro questi fatti speciali, la esistenza dei quali si connette, come avvertimmo, con cause molteplici variamente operanti, ne stanno altri, che possono servire di prove a dimostrare sensibile costanza nel clima, ovvero, invece di un abbassamento, un vero aumento di temperatura dai primi tempi storici ad oggi. Così, già un mezzo secolo fa, l'Arago (1) dimostrava che dai tempi biblici ai nostri giorni, cioè per un periodo di forse 30 secoli, il limite settentrionale della zona, dove i datteri arrivano a maturazione, e il limite meridionale della cultura della vite, sono rimasti inalterati, e lo stesso asserto fu esteso dal Biot per la Cina. Parimenti si potrebbe dire dei limiti della vite in Italia, mentre l'anticipazione della stagione in cui si seminano e si raccolgono i cereali nel nostro paese dall'epoca romana ad oggi, anticipazione che trova la sua corrispondenza in Germania (2), fornirebbe forse un indizio di maggiore mitezza nel clima odierno e d'inverni più rigidi e più aspri nei tempi oraziani, quando non solo il Soratte appariva, come appare ancor oggi sovente nel verno, «alta nive candidum (3)», ma i fiumi della media Italia e lo stesso Tevere si coprivano di una crosta di ghiaccio, ciò che davvero adesso non succede (4).

Insomma, già dal poco che esponemmo il lettore potrà arguire come regni una notevole contraddizione fra gl'indizi riguardanti la variabilità della temperatura nel periodo storico; mentre, per concludere in un modo positivo, sarebbe necessario un grande accordo di fenomeni.

D'altra parte noi avvertimmo ancora come le osservazioni meteorologiche, dai tempi

(1) Czerny, *Die Veränderlichkeit des Klimas und ihre Ursachen*, Wien, Pest und Leipzig, 1881; — Fischer T., *Studien über das Klima des Mittelmeerländer*, Ergänzungsheft N. 55, zu Peterm. *Mittheil.*, pag. 41; — *Terzo Cong. geogr. internaz. a Venezia*, Vol. I.°, *Notizie e Rendiconti*, pag. 258 e seg., Roma, 1882; idem. vol. II.° *Comunicazioni e Memorie*, pag. 105 e seg., Roma, 1884 — Stoppani, *L'era neozoica*, Milano, Dr. F. Vallardi, 1882, pag. 310 e seg.; — Marsh. *L'uomo e la natura*, Firenze, Barbera, 1870, pag. 17 e seg., 164 e seg.; — Reclus, *La Terre*, 1.ª ed. pag. 498; — Schmid, *Lehrb. der Meteor.*, pag. 456. Nel momento di chiudere la correzione delle presenti pagine ci perviene il 2.° volume della bellissima opera del nostro amico, prof. S. Günther, *Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie*, Stuttgart, Enke, 1885), dove, a pagine 288 e seguenti, si trova condensato un prezioso materiale su questo soggetto. Ci duole di non poter far altro che avvertirne i lettori.

(2) Marsh. pag. 71.

(3) Marsh, 175.

(1) Arago, *Les climats terrestres*, ecc. in *Annuaire pour l'an* 1834 *présenté au roi par le bureau des long.*, Paris, 1833, pag. 202.

(2) Nissen, *Italische Landeskunde*, Berlin, Weidmann, 1883, pag. 400.

(3) Horat., libr. I., Ode IX.

(4) Horat, ivi, e Giover., *Satira* VI., 522.

Digitized by Google

galileiani in poi, in via di grande probabilità, e da oltre un secolo ad oggi, in via di certezza quasi assoluta, escludono qualsiasi alterazione nella media temperatura dei luoghi, tenuto conto degli errori strumentali e di osservazione. Parziali deviazioni, come l'aumento di 0°.72, che il Glaisher credette di affermare nella media temperatura di Greenwich tra il 1778 e il 1860, e la diminuzione di 0°.08, che il Loomis segnalò per quella di New-Haven in America fra le due medie 1778-1820 e 1820-1865 (1), possono tutto al più fornire degli elementi per indurne delle variazioni, esse pure fors'anco precarie e temporanee, nei climi locali, prodotte probabilmente da cause locali, fra le quali sovente entra la stessa presenza e l'azione dell'uomo; ma non mai per inferirne una mutazione generale e comune a tutto il globo.

Forse, se non maggiore facilità di assunto, certamente maggiore copia di materiale a propria disposizione verrebbe ad avere chi mirasse a provare le variazioni di qualche altro elemento climatico, diverso dalla temperatura e quindi le conseguenti variazioni di quest'ultima. E questo il tema, che pel Mediterraneo, ad esempio, venne assunto dal Fischer, il quale arriva alla conclusione che dall'epoca storica, in tutta la parte meridionale del Mediterraneo, in Sicilia, in Grecia, nell'Asia Minore, e più decisamente poi a mezzogiorno del 34.mo parallelo, debba essere avvenuta una diminuzione nella quantità media pioggia che vi casca. Probabilmente le cause esplicative di questo fatto non mancano e prima fra tutte la scomparsa o per lo meno la enorme diminuzione delle foreste, le quali esercitano una non contrastata influenza sulla umidità locale, ed una molto più certa sul regime dei fiumi, cioè sopra uno dei fatti che servono di massimo appoggio all'affermata mutazione del clima. Anche a proposito di questa, però, si nota una certa discordanza di fenomeni: ond'è che, mentre tutti debbono convenire nell'ammettere la importanza del problema e il valore di alcuni indizi che confortano la teoria di una mutazione nel clima, conforme al carattere ciclico che domina tutti i grandi fatti cosmici, giova altresì riconoscere essere fin adesso più prudente continuare nello studio e nella raccolta dei materiali, consentendo ancora che, se da quelli fin adesso raccolti si possono inferire alcune mutazioni nei climi locali, nulla ci permette di affermare che una tale variazione abbia avuto luogo su tutto il globo, o sopra vaste porzioni di esso, almeno a cominciare dai primi tempi storici e a finire coi nostri.

(1) Peschel-Leipoldt, *Phys. Erdk.*, vol. II., pagina 201.

Digitized by Google

CAPITOLO III.

IL PESO DELL'ATMOSFERA (1)

« Pesar quest'aria osasti . . . »
MONTI, *A Montgolfier, Ode.*

« Omnis aer quo propior est terris, hoc crassior ».
SENECA, *Natur. Quaest.*, lib. IV, cap. 10.

« Che », per dirla col sommo Galileo (2), « nell'aria risegga gravità positiva e non altrimente, come alcuni hanno creduto, leggerezza » ormai è un concetto entrato nel dominio di tutte le menti, anche delle meno culte ed istruite. Da Aristotile, o, se vuolsi, da Seneca, che, diciotto secoli or sono, deduceva la « intensio aeris » o, come noi diremmo, la sua densità e il suo peso reale dal vento, dalla trasmissione dei suoni e da consimili fenomeni (3), a Galileo, che la presentì e la affermò, e a Torricelli che la dimostrò contro le asserzioni e la convenzionale dialettica degli ultimi filosofi peripatetici, giova convenire che siffatto argomento abbia fatto ben poca strada. Ma dacchè appunto il Torricelli inventava il barometro, non soltanto il principio fondamentale apparve chiaro e lampante, ma il peso dell'aria potè essere studiato sotto molteplici punti di vista, e specialmente sotto quello delle sue variazioni e sotto quello delle relazioni, che in guisa diversa lo collegano colle altre vicissitudini e cogli altri elementi climatologici.

Già avvertimmo come l'aria eserciti sopra tutti gli oggetti, coi quali si trova in contatto, una certa pressione, che in pari tempo è esercitata dalle molecole aeree stesse reciprocamente le une sulle altre. L'aria poi è estremamente elastica; essa è dotata di una grande espansibilità e parimente di una corrispondente compressibilità. Tali qualità, proprie dei fluidi gazosi, danno adito all'aria di penetrare dovunque, nelle aperture più minute, e quindi di esercitare la sua *pressione* in tutte le direzioni, in tutti i sensi, qual si siano le condizioni di temperatura, di rarefazione, di movimento o di riposo in cui essa si trovi. È appunto in questo significato amplissimo, che in meteorologia si adopera la parola pressione, con un divario dall'uso comune, nel quale la si adopera per indicare uno sforzo piuttosto in un senso che in un altro.

Però, risultando la pressione atmosferica, oltre che dalla forza elastica sua propria, anche dalla gravità che fa tendere tutti i corpi terrestri al centro del globo, è facile comprendere che la pressione non dev'essere distribuita uniformemente nelle varie parti dell'atmosfera. Difatti all'estremo limite superiore di questa, la gravità, la cui forza, lo sappiamo, agisce in ragione inversa dei quadrati delle distanze, sarà minima; mentre sarà massima alla superficie del globo e al livello marino. Per di più, in questo secondo caso, sulle molecole aeree inferiori verranno a gravitare tutte le molecole superiori, e quindi nelle parti più depresse dell'atmosfera la densità dell'aria e, in pari tempo, la pressione avranno un valore massimo.

In seguito alla invenzione del barometro, la cui descrizione non è ufficio nostro, noi sappiamo come, in condizioni normali, al livello del mare la pressione atmosferica sia tale da far equilibrio ad una colonna di mercurio alta circa 760^{mm}, ovvero ad una colonna d'acqua distillata alta 10^{m} 336 (1). Ora

(1) MÜLLER, *Kosm. Phys.* citata. pag. 610; — SCHMID, *Lehrb. der Meteor.* cit., pag. 815; — FLAMMARION, *L'atmosfera*, pag. 39; — MOHN, *Elementi di metereologia, vers. ital. di* D. RAGONA, Loescher, Torino, 1878, pag. 93; — MOHN, *Les phénomènes de l'Atmosphère. trad. par* DECAUDIN-LABESSE, Paris, Rothschild, 1884, pag. 138; — HANN, *Handb. der Klimat.*, pag. 137; — RÉCLUS, *La terre*, 4.ª edit. 1881, pag. 280; — HANN, HOCHSTETTER *und* POCKORNY. *Unter Wissen von der Erde*, pag. 114 e seg; — PESCHEL-LEOPOLDT, *Phys. Erdk.*, vol. II., pag. 108.

(2) *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze* in *Opere di* GALILEO GALILEI, 1ª edizione compl., Tomo XIII, Firenze, 1885, pag. 81.

(3) *Natur. Quaest.*, libro II., Cap. V., VI. ecc

(1) È noto che il peso specifico del mercurio a 0° è eguale a 13.6 quello dell'acqua. Moltiplicando i 760^{mm} per 13.6 si ottiene il numero di $10.^{m}336$; il che vuol dire che, ragguagliate le densità relative dell'acqua e del mercurio, le due colonne si corrispondono. Si noti ancora che il peso del mercurio è stato assunto dai fisici quale unità di misura per esprimere la pressione atmosferica, epperciò

Digitized by Google

siffatta pressione è tale che, se noi dovessimo sostituirla con un peso equivalente, converrebbe che questo fosse eguale a 10336 chilogrammi per metro quadrato di superficie. Siccome poi la pressione si esercita in tutti i sensi, essa avrà effetto parimenti sul corpo umano, giusta la superficie che questo presenta. Ora, la superficie del corpo di un uomo di statura e di forme comuni può variare da 1.5 ad 1.6 metri quadrati (1); epperciò il corpo di qualsiasi persona a livello del mare sopporterà, nei casi normali, da 15500 a 16500 chilogrammi di peso. È soltanto per la uniformità con cui la pressione atmosferica si esercita in tutti i sensi e financo nelle cavità interne del nostro corpo e nell'interno dei tessuti che lo costituiscono, ch'esso può sopportare tale immane peso, senza restarne schiacciato. Anzi è pur degno di menzione il fatto che il nostro corpo è suscettibile ad esser sottoposto a notevoli aumenti e diminuzioni di pressione, senza che in esso si manifestino per ciò delle permanenti alterazioni nelle funzioni fisiologiche. Nelle camere pneumatiche che la teràpeutica moderna seppe creare, a certi ammalati si fanno subire delle mutazioni di pressione pari a non meno di 300^{mm} in una sola giornata. Ora ciò corrisponde ad accrescere o a diminuire di 6000 o 6400 chilogrammi il peso dell' aria che il corpo umano abitualmente sopporta, e tuttavia le persone sottoposte a tali mutazioni di pressione vanno soggette a fenomeni fisiologici di un ordine ben poco diverso dal normale. Però, allorquando le differenze di pressione sono molto forti o succedono molto rapidamente, come avviene, per esempio, ai palombari, o finalmente si accompagnano a sforzi fisici violenti, com'è il caso dei salitori di montagne molto elevate, allora le perturbazioni fisiologiche sono esse pure più gagliarde, in ispecie allorchè sono prodotte da diminuzione di pressione, anche perchè siffatta diminuzione non può andar oltre una certa misura senza creare una insufficienza nella quantità d' aria indispensabile per la combustione del sangue mediante il processo respiratorio.

questa si ragguaglia sempre alla colonna di mercurio che le fa equilibrio nel tubo barometrico. Allorchè adunque si usa l'espressione. *un millimetro, dieci, cento millimetri di pressione* e così di seguito, s'intende una pressione tale da corrispondere ad una colonna di uno o di dieci o di cento millimetri nel tubo barometrico.

(1) Di solito si ragguaglia la superficie media del corpo umano a 1.5 metro quadrato. Il Ragona, 30 anni sono, volle ripeterne la determinazione misurando la superficie del corpo di un uomo di taglia ordinaria, alto 1.^{m}70, e n'ebbe una superficie complessiva di 1.^{m}612. Vedi sue *Annotazioni* agli *Elementi di Meteorologia* del Mohn, Torino, Loescher, 1878, pag. 47, nota 41.

Parlando delle montagne, avvertimmo come appunto nelle regioni molto elevate sia comune una malattia temporanea e passeggiera, ma che si annuncia con sintomi gravi ed uniformi dovunque, e alla quale non si sottraggono nemmeno gli animali, malattia nota generalmente sotto il nome di *mal di montagna* e ch'è prodotta in parte principale dalla diminuita pressione (1).

Imperocchè, se è vero che la pressione atmosferica al livello marino si possa considerare in media corrispondente al peso di una colonna di mercurio alta 760^{mm}, essa, come dicemmo, va sempre più diminuendo man mano che ci eleviamo nell'atmosfera, poichè in tal guisa veniamo a sottrarci al peso di tutta l'aria che rimane inferiormente. Dopo gli esperimenti del Pascal dapprima e poi di molti altri fisici, si è potuto calcolare che la pressione diminuisce in ragione di 1^{mm} di mercurio press'a poco ogni 10 od 11^{m} di dislivello, quando la mutazione di altitudine avviene a piccola distanza dal livello marino. Quindi, già trasportandoci dal pianterreno di una casa alquanto elevata al suo tetto e supponendola alta una quindicina di metri, noi ci esponiamo a subire una diminuzione di pressione pari a 1.5^{mm}, cioè a una diminuzione nel peso che deve sopportare il nostro corpo pari a 23 o 24 chilogrammi.

Ma alzandoci nell'atmosfera, noi incontriamo strati d'aria sempre meno compressi degli strati più bassi. Ora, diminuendo la pressione, non diminuisce la forza espansiva, la quale anzi, collo scemare della forza che contrasta con essa, avrà maggiore efficacia, e quindi farà sì che la stessa quantità d' aria, man mano che si trova meno compressa, più si espanda, occupando un volume maggiore. Ciò arreca la necessaria conseguenza che, col crescere dell'altezza, la colonna d' aria corrispondente ad 1^{mm} di pressione diventi sempre maggiore. Quindi, se essa è eguale a 10.^{m}5 presso al livello marino, sarà eguale a circa 12^{m}., se ci portiamo ad un'altitudine di 1000^{m}; a circa 13^{m}.4, se ci portiamo a quella di 2000^{m}; a circa 15.^{m}1, se ci portiamo a quella di 3000^{m}; e così di seguito.

Ecco una tabellina che presenta un ragguaglio fra la pressione di 1^{mm} e la colonna

(1) Vedi fra altri Lombroso, *Pensiero e meteore*, Milano, Dumolard, 1878. pag. 103; — Bert, *La pression barométrique*, Paris. 1879; — *La pression de l'air et les êtres vivants* in *Revue scient.* del 15 luglio 1876; — Hann, *Climat.* pag. 139.

Digitized by Google

d'aria che le corrisponde a varie altitudini, e, nello stesso tempo, la pressione complessiva che a quella medesima altitudine si trova, ammesso che la temperatura dell' aria sia eguale allo 0°, e che in quella località, al mare, la pressione sia eguale a 762^{mm}, valore che suppergiù corrisponde alla pressione ordinaria nelle nostre latitudini medie.

Altitudine	Pressione barometr.	Dislivello corrispondente alla pressione di 1 millim.
0^m.	762^{mm}.	10.5^m.
500	716	11.1
1000	671	11.8
2000	590	13.4
3000	517	15.1
4000	452	17.2
5000	394	19.6
6000	343	22.5

Una volta che si potesse determinare quanto grande è lo spessore della massa d'aria corrispondente a 1^{mm} a varie altezze successive, sarebbe agevole avere una norma per fissare l'altitudine dei varî luoghi, o il dislivello fra due luoghi, misurando la pressione atmosferica nelle località in questione. Difatti è precisamente sopra tale principio e sulla sua applicazione ch'è basata la teoria della determinazione delle altezze mediante il barometro, teoria che toccammo di volo altre volte. Senonchè, anzitutto, la norma secondo cui diminuisce la densità dell'aria coll'altitudine non si può trovare determinandola direttamente, se non per gli strati atmosferici più bassi; poi le leggi generali sulla forza espansiva dei gaz sono di valore incerto; finalmente la stessa diminuzione della densità non ha luogo secondo una norma costante, ma presenta un valore mutabile giusta certe circostanze, quali la temperatura, e lo stato igrometrico dell'aria, le variazioni periodiche e accidentali della pressione, la latitudine dei luoghi e fatti simiglianti.

E facile, ad esempio, comprendere come la temperatura dell'aria sia un agente capace di far mutare il numero dei metri corrispondenti ad 1^{mm}. di pressione. L'aria calda, espandendosi e rarefacendosi, a parità di peso, occuperà un maggiore volume della fredda, epperciò in quel primo caso, a far equilibrio alla pressione di 1^{mm}, si esigerà una colonna d'aria maggiore che non in questo secondo. Difatti, laddove, presso il livello marino, 1^{mm} di pressione corrisponde a $10.^m5$ di aria a 0°, qualora l'aria fosse riscaldata a 5°, a 10°, a 20°, gli farebbero rispettivamente equilibrio $10.^m7$, $10.^m9$, $11.^m3$ di aria. E analogamente avverrebbe alle varie altitudini.

Anche la presenza di una certa quantità di vapor acqueo nell'aria cangia il coefficiente del millimetro di pressione. Difatti il vapor acqueo presenta una densità ed una forza espansiva diversa da quelle che presenta l'aria secca, e parimenti da quelle che presenta una miscela di aria e di vapor acqueo.

Queste ed altre circostanze, che omettiamo per brevità e che si trovano minutamente esposte ed esaminate nei trattati di altimetria barometrica (1), rendono delicata e alquanto complicata la determinazione delle altitudini col mezzo del barometro e portano la necessità di creare delle formule complesse, nelle quali s'introducono numerose correzioni, senza tuttavia poter arrivare ad esaurire tutte quelle che forse sarebbero opportune.

Va poi da sè che la condizione di pressione dei luoghi elevati sta appunto in relazione coll'altitudine e colla temperatura media dell' aria. Già questo fenomeno si riscontra ad altezze poco considerevoli. Così, ad esempio, ad Udine, il cui osservatorio è posto a 116^m sul mare, la pressione media annua si considera eguale a $751.^{mm}1$; a Milano, a 147^m, essa è di $748.^{mm}6$, mentre le temperature medie annue dei due luoghi di poco s'allontanano da 12°.8 o 12.°9. Ad Urbino, a 451^m sul mare, abbiamo una pressione media di $722.^{mm}1$ e una temperatura di 12.°5; e analogamente altrove. Qui sotto esponiamo una tabellina, che riassume la posizione, l'altitudine, la pressione media e la temperatura media annua di' alcune fra le più elevate località del globo, quale la togliamo dall'Hann (2).

Località	Latitudine	Altitud. metri	Pressione media millim.	Media temper. gradi cent.
Gr. S. Bernardo	45° 52'N.	2478	564	—1.3
Min. di Fleiss (3)	47 3N.	2740	544	—2.1
Messico	19 25N.	2270	586	16.3
Quito	0 14 S.	2850	549	13.2
Leh (Tibet) . . .	34 10N.	3517	497	5.7
Osserv. del Pikes Peak	38 50N.	4300	451	—7.5
S. Vincenzo (Bolivia)	21 5N.	4580	436	(3.0)
Hanle (Tibet) . .	32 48N.	4610	433	(2.0)

(1) Vedi, fra moltissimi, GRASSI G., *Sulla misura delle altezze mediante il barometro*, Milano, Hoepli, 1876; — SCHREIBER, *Handbuch der barometrischen Höhenmessungen*, Weimar, 1877.

(2) *Handb. der Klimat.*, pag. 138.

(3) Nel Tauern in Carinzia.

Digitized by Google

Conosciuta così la distribuzione verticale della pressione atmosferica nell'involucro aereo che circonda il globo, è utile esaminare se lungo la sua superficie stessa si notino delle differenze di pressione in ordine specialmente alla latitudine. Già teoricamente non si può non ammettere che le stesse cause, che reggono da un lato la distribuzione della gravità e dall'altro quella della temperatura sulla superficie del globo, non agiscano in modo assai efficace sul distribuire la pressione. Senonchè quelle stesse cause esercitano un'azione complessa e discordante. Così, mentre la gravità alla superficie del mare è massima ai poli ed è minima all'equatore, anche grazie alla esistenza del movimento rotatorio terrestre e della forza tangenziale che genera, questo stesso movimento induce d'altronde le molecole aeree, così scorrevoli le une sulle altre, ad accumularsi sopra la zona equatoriale, cioè sopra la regione del massimo movimento rotatorio. Ma questa è anche la zona della temperatura massima annua, e quindi quella in cui l'aria tende ad aumentare particolarmente la propria espansività e il proprio volume, il che ne scema la densità e il peso, mentre l'aria delle regioni polari tende ad avere il massimo di densità. Questa stessa circostanza viene ad essere rinforzata dalla presenza del vapor acqueo, più copioso senza dubbio nelle regioni calde, regioni di evaporazione, che non nelle fredde o di condensazione; mentre all'accumulamento delle masse aeree sull'equatore concorrono i venti dominanti, ingenerati, probabilmente in prima linea, dall'eccesso di temperatura che si nota lungo quella zona.

Siffatte considerazioni potrebbero continuare ancora a lungo, introducendo sempre nuovi elementi, e meccanici e meteorologici, che devono esercitare una influenza sulla distribuzione delle pressioni sul globo, senza per questo condurci ad una norma teorica sufficiente a darci ragione di tutti i fatti finora riscontrati in proposito. A dir il vero, una certa serie di risultati vennero ottenuti specialmente in seguito alle ricerche e agli studi praticati per fissare le teorie dei venti, e di essi verrà detto a suo luogo. Intanto giova accennare quale sia la distribuzione della pressione media sul globo, quale risulta dalle molteplici osservazioni, che le vedette meteorologiche terrestri stabili e quelle ben più numerose che vengono costituite dalle infinite navi che solcano il mobile oceano, finora seppero accumulare.

Secondo il Buchan, le regioni a massima pressione (764mm e più) si notano fra i 25 e i 40° di latitudine settentrionale e fra i 15 e i 32° di latitudine meridionale; e da queste due zone veramente irregolari, la pressione va scemando, sia procedendo verso l'equatore quanto verso i poli. Lungo l'equatore si trovano dei vastissimi tratti, lungo i quali la pressione media sta fra i 760 e i 758mm e scende anche più in basso, mentre a 60 e a 70° di latitudine settentrionale si notano pressioni medie di 758, 756, 754, 752mm ed anche minori. Peggio ancora avviene nell'emisfero meridionale, dove già a 40° troviamo una pressione di 758mm che, gradatamente e regolarmente calando, è già ridotta a 744mm, allorchè si tocchi il 60° di latitudine. La pressione nelle regioni polari è conosciuta in modo incompleto e cioè solo mediante serie finora non molto lunghe di osservazioni, praticate entro i limiti raggiunti dalle spedizioni esploratrici. Anche sotto questo rapporto la regione polare artica è nota più e meglio dell'antartica, nella quale ultima i dati che riguardano la zona posta oltre i 60°, son fissati quasi soltanto per via d'induzione. Però, da quanto questa c'insegna, e dalle scarse osservazioni compiute da sir Giacomo Ross fra i 60 e i 78° di latitudine meridionale, si può inferirne che la diminuzione di pressione non prosegua indefinitamente verso il polo, ma sia massima fra i 70 e i 75°, e che la pressione poi tenda alquanto a rialzarsi; fatto che verrebbe a corrispondere con quanto è accertato nell'emisfero settentrionale, dove le più basse isobare si riuniscono in due aree, che potrebbero chiamarsi *poli di pressione minima*, e che son poste, l'una a sud dello stretto di Bering e l'altra fra l'Islanda, la Groenlandia e le Spitzberghe, cioè ben lungi dal polo terrestre.

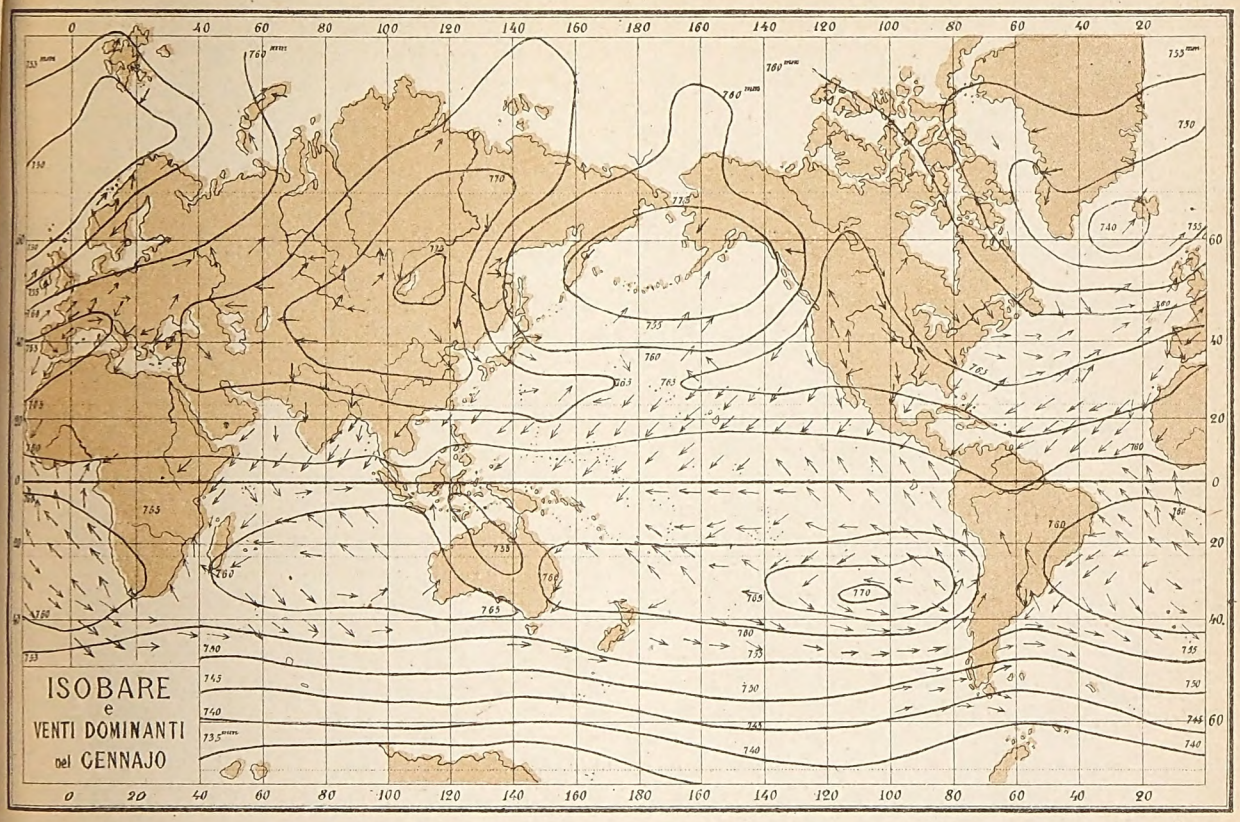
Gli studi e le osservazioni da noi accennate han posto in luce altresì questo fatto: che generalmente i due emisferi non presentano uniformità di distribuzione nelle *isobare annue*, ossia nelle linee di eguale pressione media annua. Anzitutto il disaccordo apparisce nel diverso valore della pressione media alle latitudini corrispondenti. Ecco quali, secondo il Ferrel, sarebbero le pressioni medie alle varie latitudini nei due emisferi, ritenendo, com'egli fa, che la pressione media all'equatore sia rappresentata da 758mm (1).

(1) HANN, *Climat.* pag. 705.

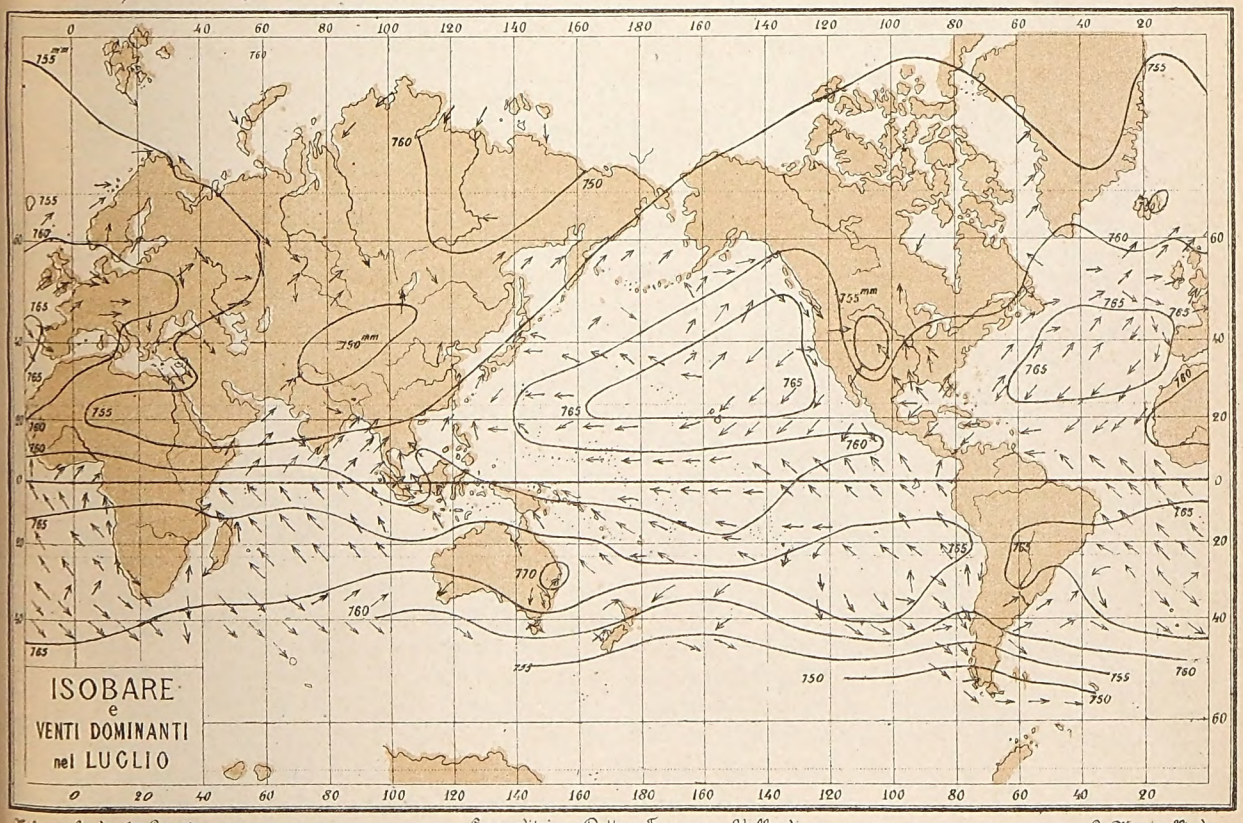
Digitized by Google

ISOBARE (curve di eguale pressione) e VENTI DOMINANTI nel GENNAIO e nel LUGLIO

Tav. 12. a)



Tav. 12. b)



Milano, Studio Cit. Porati. Casa editrice Dottor Francesco Vallardi. G. Marinelli dir.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA BODLEIANA

Digitized by Google

Latitudine	Pressione nell'emisfero settentrionale	Pressione nell'emisfero meridionale
10°	757.9	759.1
20	759.2	761.7
30	761.7	763.5
35	762.4	762.4
40	762.0	760.5
45	761.5	757.3
50	760.7	753.2
55	759.7	748.2
60	758.7	743.4
65	758.2	739.7
70	758.6	738.0

Osservando la precedente tabella, si trova che la pressione non è disposta con una norma simmetrica se non intorno al parallelo 35 di entrambi gli emisferi (Fig. 458[a]). Tranne in questo caso, in tutti gli altri regna notevole discordanza. Difatti nell'emisfero meridionale, come si passa il 40°, prevalgono pressioni assai basse, e senza confronto più basse di quelle che regnano alle medesime latitudini nel settentrionale. Al contrario sono alquanto più alte di queste nella zona intertropicale. Delle stesse due zone di pressione massima, la meridionale, oltre a presentare un valore più notevole, si approssima all'equatore per 5 o 6° più che non lo faccia la settentrionale. Generalmente però nell'emisfero meridionale dominano le basse pressioni più che nel settentrionale.

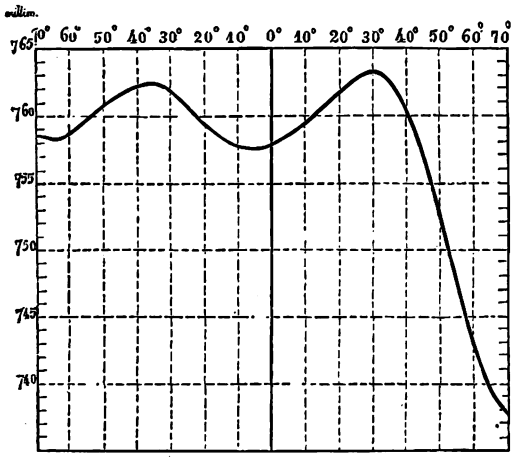


Fig. 458. — Distribuzione della pressione atmosferica nei due emisferi.

NB. A sinistra è l'emisfero setten.; a destra il meridion.

Se poi si esaminasse l'andamento delle isobare annue nei due emisferi, il contrasto che vi regna si mostrerebbe ancor più spiccato. Nel settentrionale le isobare si curvano, contorcendosi in viluppi strani, formando curve di varia larghezza e profondità, senza norma apparente; nel meridionale esse procedono uniformi e regolari e quasi equidistanti, come fossero altrettanti paralleli, presentando rare e lievissime incurvature. Non è possibile dissimularsi come la principale causa efficiente di tali fenomeni sia la diversa distribuzione delle terre e delle acque sul globo, colla prevalenza degli oceani a mezzogiorno, delle masse continentali a settentrione dell'equatore.

E ancora più spiccate anomalie si presenterebbero qualora, invece di osservare le isobare annue, si ponesse mente alle isobare dei varî mesi dell'anno. Ma, per poter discorrere di tale soggetto, è mestieri, per un momento, toccare delle variazioni barometriche.

È un fatto troppo noto che la colonna barometrica, in uno stesso luogo, non si mantiene costante se non durante un brevissimo tempo. Anche per la pressione, come per la temperatura, come per la maggior parte dei fenomeni meteorologici, anzi dei fenomeni cosmici, la regola è la variabilità. E appunto questa variabilità e le relative perturbazioni dell'equilibrio atmosferico che formano il soggetto di una disciplina importante, da poco intitolata *Meteorologia dinamica*.

Ora, le variazioni del barometro possono essere *periodiche e accidentali*. Fra le variazioni periodiche, la più importante è certamente la diurna. Tenendo d'occhio il barometro, si trova che esso segnerà ogni giorno un massimo intorno alle 10 antimeridiane, dopo di che andrà abbassandosi fino alle 4 del pomeriggio. Una oscillazione d'inalzamento lo riporterà ad un nuovo massimo che avrà luogo verso le 10 della sera, d'onde discenderà daccapo per raggiungere un nuovo minimo alle 4 del mattino. Codeste ore non sono assolutamente le stesse in tutte le parti del globo, nè, per uno stesso luogo, nelle varie stagioni dell'anno. Così codeste ore, cosidette *tropiche* del barometro, hanno luogo, nelle stagioni che seguono, alle ore indicate dalla tabellina qui sotto.

	Batavia	Milano	Modena
Minimo	ant. 3.ore40m.	4.ore00m.	4.ore36m.
Massimo	» 9. 18	9. 24	9. 48
Minimo	pom. 3. 40	4. 12	4. 24
Massimo	» 10. 22	11. 42	11. 00.

Sui monti elevati, il massimo barometrico antimeridiano, del resto assai debole, ritarda sempre e il pomeridiano sovente sparisce. Al Faulhorn, per esempio, a 2670 m. d'altitudine,

Digitized by Google

il massimo del mattino si manifesta con tale ritardo, che si segnala soltanto verso un'ora pomeridiana, e il massimo della notte è quasi inapprezzabile.

Quanto alle stagioni, a Modena, per esempio, le ore tropiche mattinali sono in notevole anticipazione nell'estate, nella quale stagione il minino succede alle $3^{ore}\,30^{m}$. e il massimo alle 9^{ore} ant.; e sono in notevole ritardo d'inverno, nella quale stagione hanno luogo rispettivamente alle $5^{ore}54^{m}$. e alle $11^{ore}24^{m}$. Invece le ore tropiche pomeridiane si notano ritardate nella primavera e più ancora nell'estate, nella quale ultima stagione il minimo pomeridiano ha luogo a $5^{ore}36^{m}$. e il massimo a $11^{ore}18^{m}$.; mentre d'inverno gli stessi fenomeni si notano rispettivamente a $3^{ore}30^{m}$. e a $10^{ore}6^{m}$., sempre, s'intende, pomeridiane.

La esistenza di tale oscillazione diurna arreca la necessità di moltiplicare le osservazioni, se si vuole conoscere la media pressione delle varie giornate. A supplire alle molte osservazioni ripetute a brevi intervalli, può bastare egregiamente l'uso dei barometri registratori, che segnano le curve seguite dalla colonna barometrica nelle 24 ore, od anche un'opportuna e studiata distribuzione delle ore di osservazione, come già s'è avvertito a proposito della temperatura. Ed anche in questo caso, come in quello, ad avere una discreta media diurna, giova la distribuzione delle osservazioni lungo la giornata in modo che, per quante esse siano, purchè non meno di 3, fra esse interceda la stessa distanza in tempo. Pel resto negli osservatori si procura di determinare le ore del giorno nelle quali la pressione più si avvicina alla media. A Modena, per esempio, queste ore corrispondono generalmente alle $2^{ore}\,18^{m}$ e alle $6^{ore}\,36^{m}$. antim. e alle 1^{ora} e alle $8^{ore}12^{m}$. pomeridiane.

La differenza fra il massimo valore della pressione atmosferica nelle ore antimeridiane e il suo minimo valore nelle ore pomeridiane dicesi *amplitudine*, od *oscillazione totale* diurna: come la differenza fra la media dei due massimi diurni e quella dei due minimi dicesi *oscillazione media* diurna del barometro o della pressione. Generalmente, il valore dell'oscillazione diurna del barometro è maggiore nei luoghi e nelle stagioni calde, e nella regioni più prossime al livello marino; è minore nei luoghi e nelle stagioni fredde e nei luoghi elevati. All'equatore, o nei luoghi prossimi ad esso, l'amplitudine barometrica diurna sta fra $2.^{mm}5$ e $3.^{mm}5$; a 30° di latitudine cala a circa $1.^{mm}6$; a 48° discende ancora a circa $1.^{mm}$; a 60° finalmente discende a forse $^1/_4$ di millimetro. Così a Batavia essa si calcola in media a $2.^{mm}7$; a Modena ad $1.^{mm}1$; a Pietroburgo a 0.mm 13.

In Italia la stessa oscillazione media diurna diminuisce in modo sensibile dalle parti meridionali alle settentrionali della penisola, talchè, per esempio, mentre in Sicilia alla latitudine di 37° tale valore è pari ad $1.^{mm}1$, nel Friuli alla latitudine di 46° è soltanto di 0.76.

Un esempio solo addurremo a mostrare quale sia sulla oscillazione diurna la influenza delle stagioni. A Modena la *oscillazione media* sale $0.^{mm}81$, come media annua. Ora nell'inverno essa arriva soltanto a $0.^{mm}77$, mentre nell'estate sale a $0.^{mm}85$.

Le cause del periodo diurno della pressione non sono finora completamente chiarite; ma, dal modo con cui questo fenomeno ha luogo, non si può dubitare ch'esso non sia collegato in prima linea colla variazione diurna della temperatura e colle conseguenti variazioni nella quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera, e in seconda linea, colla velocità del vento. Forse esso subisce eziandio le influenze meccaniche della rotazione terrestre, e non è irragionevole del pari supporre che a tale oscillazione diurna vada compagno un moto di rigonfiamento atmosferico prodotto dall'attrazione luni-solare, pari a quello delle maree nell'oceano. Però la estrema regolarità colla quale si compie l'oscillazione diurna della pressione, specialmente fra i tropici, dove il barometro può fungere egregiamente da orologio solare, ci ammaestra che l'intervento della luna nella formazione di tale fenomeno dev'essere oltremodo limitato, e che anche in questo caso, come in altri analoghi, la causa principale, se non unica, del fatto risiede sempre nel sole.

Va poi ancora ricordato che il periodo delle oscillazioni diurne può essere molte volte dissimulato, od anche ridotto a zero, da accidentali variazioni nella pressione, quali son quelle che provengono da improvviso accumulamento di vapor acqueo o da improvvisa condensazione; da movimenti burrascosi od anche da semplice vento e da fenomeni somiglianti.

Ma, oltre alla oscillazione diurna, il barometro mostra anche l'esistenza di una variazione a periodo annuale. Però la curva che

Digitized by Google

rappresenta la medie pressioni mensuali non possiede una forma così spiccata, come quella offerta dalla curva della variazione diurna. Ecco, a mo'd'esempio, quale è l'andamento delle medie mensili e di stagione a Roma e a Milano, prendendo a base le osservazioni compiute nell'undicennio 1866-1876 (Fig. 459).

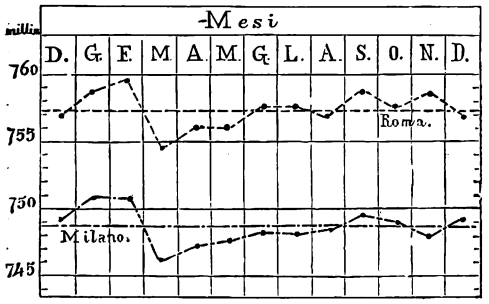


Fig. 459. — Andam. medio della pressione a Roma e a Milano nell'undicennio 1866-1876.

	Roma (50m. sul mare)	Milano (147m. sul mare)
Dicembre	757.1mm	749.3
Gennaio	758.8	751.0
Febbraio	759.4	750.9
Marzo	754.5	746.0
Aprile	756 4	747.1
Maggio	756.5	747.5
Giugno	757.5	748.0
Luglio	757.5	748.0
Agosto	757.0	748 3
Settembre	758.7	749.7
Ottobre	757.4	749.0
Novembre	756.4	748.2
Inverno	758.4	750.4
Primavera	755.8	746.9
Estate	757.3	748.1
Autunno	757.5	749.0
Anno	757.25	748.6

Però questa tabella ci mostra quasi soltanto che i mesi della massima pressione son quelli dell'inverno, dove più il febbraio, come a Roma, dove più il gennaio, come a Milano; e che quelli della pressione minima sono i primaverili e specificatamente il marzo. Tuttavia questo non è il caso di tutte le località, delle quali si conoscono gli elementi barometrici per serie abbastanza considerevoli, e che pure appartengono alla nostra zona temperata. Così, per esempio, le medie mensili di una serie di 65 anni, a Parigi, mostrano che il mese della maggiore pressione è il dicembre, quella della minore l' aprile. Altrove l'andamento è tutto diverso, come in Islanda o nel Camsciatca, dove le massime medie cadono in maggio, le minime in gennaio, mentre a Barnaul, in Siberia, quelle accadono in gennaio, queste in luglio; nell'America artica le massime in aprile, le minime in luglio, e a Lado (Gondocoro), nel bacino dell'alto Nilo, la massima avviene in agosto, la minima in febbraio. Un'altra diversità sta anche nel valore della differenza fra i mesi che offrono i valori estremi. Così, mentre tale differenza nelle regioni tropicali arriva appena a 2 o 3.mm fra le medie mensili di uno stesso anno, può giungere a 12 o 14.mm nelle nostre latitudini ed anche e 16 e a 18.mm nella regione siberiana. Naturalmente, nelle medie di lunghe serie di osservazioni, gli scarti si attenuano e quindi le differenze riscono molto minori. Così, prendendo le medie mensuali risultanti dall'undicennio 1866-76 (1), si vede che le differenze fra la media del mese che presenta la più alta e quella del mese, che presenta la più bassa pressione, diventano a Roma di 4.mm9 e a Milano di 5.mm. Prese per le medesime stagioni due serie più lunghe, cioè per Roma 19 anni e per Milano 32 anni, le citate differenze calano rispettivamente a 3.mm8 e 3.mm9 (2). A Parigi la stessa differenza fra le medie mensuali di 65 anni di osservazioni, è soltanto di 3.mm4 (3).

Però, se, invece di tener d'occhio soltanto le medie mensuali, si spinge l'attenzione sopra le medie decadiche, pentadiche e diurne, sempre per una serie piuttosto lunga di osservazioni, si scorge quasi dovunque la esistenza di una oscillazione periodica annua del barometro che si afferma con alcuni massimi e minimi, ricorrenti a date costanti per una medesima località. In molti Osservatorî dell'Europa centrale come, per esempio, a Ginevra, a Monaco, a Gratz ed altrove, si segnalarono due massimi e due minimi annuali; a Modena il Ragona, e a Milano lo Schiaparelli ne segnalarono tre; a Roma il Tacchini ne riscontrò quattro. Ecco quali sono le date di tali momenti critici nelle tre stazioni ora mentovate.

	Roma	Modena	Milano
I massimo	1 febbr.	14 genn.	1 genn.
» minimo	22 marzo	28 marzo	17 apr.
II masssimo	5 maggio	27 maggio	25 giugno
» minimo	19 »	—	—
III massimo	25 giugno	—	—
» minimo	1 agosto	20 luglio	25 luglio
IV massimo	19 sett.	23 sett.	22 sett.
» manimo	12 nov.	14 nov.	2 nov.

(1) *Annuario statist. ital.* Anno 1881. pag. 3.

(2) Tacchini, *Sul clima di Roma*, in *Ann. Meteor.* ital. 1882, Roma, Sininberghi, 1884. pag. 88; — Mediolanum. Milano, Dott. Fr. Vallardi, 1881, pag. 33.

(3) *Ann. de l' observ. de Montsouris pour l' an* 1884, pag. 185.

Digitized by Google

Anche prescindendo dal II.° minimo e dal III.° massimo, che del resto hanno anche a Roma un valore assai limitato, si avverte una certa oscitanza nelle date in cui hanno luogo questi estremi di pressione, poichè, pure pei massimi e minimi più notevoli, differiscono fra loro di un mese o poco meno. E va notato che le tre stazioni, e specialmente le due ultime, si trovano in località non molto discoste una dall'altra e sono sottoposte a condizioni climatiche non molto diverse. Invece un maggiore accordo va segnalato nelle date dei massimi e minimi degli ultimi ordini.

Le quali cose avvertono come le curve della variazione barometrica annua siano modificabili notevolmente in grazie delle cause di perturbazione locale.

Le cause della formazione di questi massimi e minimi di pressione lungo il corso dell'anno non sono facili ad essere fissate con sicurezza. L'alta pressione invernale probabilmente proviene dal forte abbassamento di temperatura che in tale stagione provano gli strati atmosferici più bassi, e che quasi costipa le molecole d'aria, aumentandone la densità e quindi, a parità di volume, il peso. Restringendosi così il volume dell'aria, accadrà che altre masse aeree concorreranno d'ogni parte a colmare le lacune in tal guisa lasciate; onde un totale aumento di pressione. La bassa pressione estiva è invece da attribuirsi alle correnti ascendenti, che provengono dal riscaldamento, e alla dilatazione della massa aerea prodotta dalla stessa causa, senza che il vapor acqueo, sullo sviluppo del quale l'alta temperatura esercita così forte azione, arrivi colla sua presenza a compensare la perdita di pressione proveniente dai due fatti mentovati. Il minimo primaverile, riscontrato nelle nostre regioni, corrisponde all'epoca della massima agitazione dell'aria sotto l'influenza dei venti, predominanti in quella più che nelle altre stagioni dell' anno. Del resto, gli estremi principali, come i secondarî, non si possono ritenere come prodotti da una sola causa, ma dalla concomitanza di più cause, e fra queste essenziali: le variazioni della temperatura, della umidità atmosferica e della velocità del vento, se non si creda di ridurle tutte e tre a quella prima ch'è la causa efficiente delle altre due.

La grande diffusione che in questo secolo ebbero le ricerche meteorologiche rese possibile, come avvertimmo, anzitutto la raccolta di un copioso materiale di osservazioni barometriche; poi la loro utilizzazione per fissare delle idee generali intorno al modo con cui la pressione atmosferica si contiene in dati tempi e in date circostanze, sulla totalità o su gran parte della superficie terrestre. La percezione di tale contegno fu specialmente agevolata dalla costruzione delle cosidette *linee isobariche* o semplicemente *isobare*, che, per il fenomeno della pressione, esercitano lo stesso ufficio delle *isoterme*, per quello della temperatura (1).

Se noi riportiamo sopra una carta geografica i valori che per la pressione barometrica vennero segnalati in un dato istante, in varie località della regione rappresentata da quella carta, e se poi per i vari punti che presentano eguale pressione facciamo passare una linea, verremo a costruire una o più *isobare*, a seconda della maggiore o minore uniformità di pressione che domina nello spazio preso ad esame, e da ultimo la carta isobrica di quella regione per quel dato istante. Siccome poi il solo fatto della diversa altitudine, nella quale le varie località si trovano, darebbe dei valori diversi alla pressione, in modo da diminuire il valore di quella dei luoghi elevati, così, per render paragonabili tali valori, è necessario di ridurli a livello del mare, cioè di correggerli di quell'errore che può provenire dalla loro altitudine. Dopo quanto dicemmo a proposito della diminuzione della pressione per l'altezza, è facile comprendere come tale correzione si limita ad aggiungere al valore osservato quel tanto di pressione barometrica che corrisponde, a seconda della temperatura del momento, a una colonna d'aria alta quanto è l'elevazione della stazione di cui si tratta sul livello marino.

La figura che assumono le isobare, specialmente sui continenti, anche se ridotte al livello del mare, è ben di rado la retta, per cui esse si chiamano più spesso *curve*, piuttosto che semplicemente *linee*. Sovente poi avviene ch'esse s'incurvano in modo da rientrare in sè stesse, dopo un percorso più o meno irregolare, e questo significa che in quei casi si è formato in quella regione un centro di pressione minima o di pressione massima, quasi un avallamento o una protuberanza atmosferica, intorno al quale o alla quale le pressioni vanno gradatamente crescendo o gradatamente calando. Le curve isobariche, in tal caso, vengono ad assumere

(1) Vedi la nostra **Tavola XXIV, Isobare e venti dominanti in gennaio e in luglio.**

Digitized by Google

un'espressione analoga a quella che presentano le curve di livello delle carte ipsometriche (1). E come in queste carte la vicinanza delle curve isoipsiche ci dice che il terreno è fortemente inclinato, e la loro lontananza il contrario; così nelle carte isobariche, quanto più le isobare sono prossime tra loro, tanto è maggiore la differenza di pressione fra il centro e la periferia. La differenza fra le pressioni estreme è nota sotto il nome di *gradiente*, ed essa si considera sempre diretta dalla pressione più alta alla più bassa. Il suo valore si esprime col numero dei millimetri dei quali diminuisce la pressione per una determinata distanza nel senso del gradiente. Adesso l'unità di misura, sulla quale si ragguaglia il gradiente, è di consueto 1° equatoriale pari a 111 chilometri o a 60 miglia italiane. Cosicchè un gradiente di 10^{mm} significa che, nella direzione da esso presentata, la pressione diminuisce di 10^{mm} in ragione di ogni 60 miglia italiane. Se le isobare si trovano parallele fra loro e pressochè rettilinee, il gradiente è rappresentato da una perpendicolare al a loro direzione; se hanno figure di curve concentriche, il gradiente corrisponde al raggio del circolo; soltanto esso è diretto all'interno od all'esterno del circolo, a seconda che il centro di questo si trovi occupato dal minimo o dal massimo barometrico.

Questo soggetto del gradiente si collega poi strettissimamente coi movimenti dell'atmosfera e colle teorie generali dei venti e dei cicloni, la conoscenza delle quali sono appunto in gran parte dovute alla costruzione delle carte isobariche sinottiche. Rimettendo a quella parte del nostro lavoro il lettore desideroso di conoscerlo meglio, noi dobbiamo poi ritornare per un momento ancora alle isobare.

Come queste possono essere istantanee, cioè riferirsi alle condizioni di un dato momento, così possono esprimere le condizioni della pressione media di una determinata regione per un periodo di una certa lunghezza: un giorno, una decade, un mese, un anno. Onde si hanno le isobare diurne, decadiche, mensili ed annue; ed esse pure, a loro volta, possono concernere quel determinato giorno, o mese, oppure le medie normali pel periodo rispettivo di una certa serie di anni.

Delle isobare annue discorremmo, anzi esse ci servirono a mostrare quale sia la distribuzione generale della pressione atmosferica sul globo. Ma, dopo quanto abbiamo esposto in ordine alla variazione barometrica annuale, non è difficile arguire quanto siano importanti le isobare mensuali, e specialmente quelle di alcuni mesi, più che tutti il gennaio e il luglio, i due mesi indubbiamente più caratteristici per la temperatura e, meno recisamente, anche per la pressione.

Ora, ecco quale è la distribuzione media della pressione sul globo nel mese di gennaio, quale la prendiamo dallo Schreiber (1), dall'Hann, dal Mohn, (2) che a loro volta si sono serviti degl' importanti lavori del Buchan e del Woeicoff, che già menzionammo.

Avvertendo come la pressione barometrica media generale si giudichi eguale a 760^{mm} e come si limiti la considerazione ad isobare diverse una dall'altra di 5 in 5^{mm}, nel mese di gennaio la isobara di 760^{mm} si spicca dalle isole Parry nell'America settentrionale e, traversato il Labrador e la Terra Nuova, si dirige per l'Atlantico alle coste della Cornovaglia, raggiungendo la Francia poco lunge da Calais. Se sopra una carta di Mercatore tiriamo da questo punto una retta che miri al mar di Cara, toccheremo con essa la base del Jutland, taglieremo la parte meridionale del Baltico, del golfo di Riga, e segneremo con grande approssimazione l'andamento di tale isobara. Presso a raggiungere il mar di Cara, la linea si piega in larga curva lungo la costa, che abbandona per tagliare la N. Zembla e dirigersi quindi a nord fra le Spitzberghe e la terra di Francesco Giuseppe (3). La ritroviamo poi daccapo nella penisola dei Ciutci, donde, circuendo con forte curva il mare d'Ochotsc, finisce col traversarlo, raggiungendo il Giappone, come in seguito traversa gran parte del Pacifico, camminando dapprima di conserva col 45° parallelo, poi volgendo a nord, quando sta per raggiungere il continente americano, il che ha luogo poco lungi dell'isola Quadra o Vancouver. Una doppia incurvatura a nord le fa percorrere la parte orientale del territorio d' Aliasca e quindi raggiungere di nuovo l'arcipelago artico e probabilmente le isole Parry, donde prendemmo le mosse, semprechè invece non rientri in sè stessa, completando, con un giro compiuto a nord di Bering, la seconda curva di cui trovammo il capo nella peni-

(1) Vedi a pag. 286 della nostra opera.

(1) *Tav. VI dell'Atlante.*

(2) Ediz. ital., pag. 144; — ediz. franc., pag. 175.

(3) Secondo lo Schreiber, la isobara di 760^{mm} si dirige in rettalinea dal passo di Calais al capo Celiuschin, donde corre verso le misteriose regioni artiche. Secondo il Mohn, mira verso il mar Bianco.

Digitized by Google

sola dei Ciutci. Prescindendo da quest'ultima incerta eventualità, si può asserire che, a nord della linea ora accennata, la pressione, andando verso nord, diminuisca; andando verso sud, cresca. Però, nè la diminuzione verso nord prosegue regolarmente sino al polo, nè l'aumento verso sud prosegue regolarmente sino all'equatore. Anzi, a proposito di quest'ultimo, nell'Atlantico, nell'Africa e nell'Indiano alla latitudine di circa 5 o 6° N. e nel Pacifico a quella di 12 o 15° N., troviamo una nuova isobara di 760mm, la quale percorre con molta regolarità la zona equatoriale, subendo due inflessioni, una nel mar della Cina e l'altra più potente traverso l'America Meridionale, ch'essa raggiunge presso la foce del Maragnon e percorre di qualche grado passato l'equatore.

A mezzogiorno di questa linea prevalgono le basse pressioni, finchè non s'incontrano daccapo le isobare meridionali di 760mm; poichè queste appariscono discontinue e spezzate in più parti, formando ciascuna parte una vasta curva rientrante in sè stessa. Di tali curve, la maggiore si stende nel Pacifico meridionale fra l'Australia orientale, la Nuova Zelanda e il Chilì, ed ha il suo percorso settentrionale quasi corrispondente al 20° parallelo, e il meridionale al 40°; le altre abbracciano rispettivamente: l'una quasi tutta l'area dell'Atlantico meridionale, l'altra quasi tutta l'area dell'Indiano, spingendo entrambi il loro limite settentrionale a circa 5 di latitudine australe.

Nell'interno di queste grandi curve rientranti prevalgono le alte, nell'esterno le basse pressioni.

Però, a completamento di queste linee, giova dire come nel mese di gennaio, di regola, nell'emisfero settentrionale ci siano due minimi e due massimi principali di pressione. Il maggior centro di depressione (minimo) si trova intorno all'Islanda, dove la pressione discende anche a 740mm; il minore per valore, ma non per estensione, si trova ad est del Camsciatca e intorno alle Aleutine, e si stima a circa 750mm.

L'area più importante di alte pressioni si trova nella Siberia, dove abbiamo una vasta curva, entro la quale la pressione supera i 770mm; ma nell'interno stesso di tale area spiccano, secondo alcuni, due centri di pressione massima (più di 775mm), uno presso le foci del Lena e l'altro appena a levante del lago Baical. Nella nostra carta è segnato solo quest'ultimo, il più accertato fra i due. L'altra area di alta pressione compensa il basso valore colla grande estensione longitudinale, poichè comincia al largo del Pacifico poco lungi dalle Sandwich ed ha il suo limite estremo orientale nel Mediterraneo, anzi nella valle padana, estendendosi quindi, nel senso delle longitudini, per non meno di 170.° Lungo il 30° parallelo, la pressione dominante si valuta 768mm; supera i 770mm nell'America settentrionale, dove tale area s'allarga a nord; discende a 765mm nel Mediterraneo.

Lungo la zona equatoriale si stende, lo sappiamo, un'area longitudinale di basse pressioni inferiori a 760mm. Però essa pure ha le sue minime, nelle quali la pressione discende al disotto dei 755mm, ed una delle quali occupa la parte mediana dell'Africa fra l'equatore e il tropico del Capricorno; l'altra si stende obliquamente, dal cuore del continente australe sull'arcipelago della Sonda fino a Celebes.

Nell'emisfero meridionale, più che dei centri di minime, la pressione presenta una diminuzione che cammina di conserva colle latitudini, dimodochè, se a 40° la pressione è ancora sui 760mm, a 50° è già sui 750mm, a 60° sta fra i 745 e i 740mm, e tutto fa ritenere che essa continui a diminuire fin verso i poli.

Parimenti, in una sola delle accennate tre aeree di alte pressioni, che si notano nell'emisfero australe, si forma un vero centro di massima ed è quello che si trova nel Pacifico a sirocco dell'arcipelago di Paumotu, dove la pressione arriva a 770mm, mentre nell'Atlantico meridionale arriva appena ai 764mm, e nell'Indiano si valuta ancora più bassa.

Passiamo alle isobare del mese di luglio. Prendendo le mosse dalla Groenlandia meridionale, che vediamo tagliata nella sua punta estrema dall'isobara di 760mm, troviamo che questa traversa l'Atlantico lungo il 60° parallelo, e perciò ben a mezzogiorno della Islanda e appena a settentrione della Scozia, arrivando a toccare i lembi meridionali della penisola Scandinava e per essi giungendo nel Baltico meridionale e nella Russia. Qui, con forte curva, volge a libeccio e, per l'Austria, l'Italia e il Mediterraneo, raggiunge l'Africa, che traversa dapprima per la Tunisia, per l'Algeria e il Marocco, poi abbandona, dirigendosi verso le isole del capo Verde. Presso queste isole si piega daccapo, ma questa volta verso levante, raggiunge di nuovo il continente africano, che traversa da Sierra Leona alla costa dei Somali, d'onde si getta nell'oceano Indiano, che pur valica diretta allo stretto della Sonda. Dopo una contorsione,

Digitized by Google

che ne porta il limite settentrionale quasi ad Honcong nella Cina, prosegue nella direzione orientale, però abbassandosi dai 10° N. ai 15° S., latitudine, che raggiunge presso l'arcipelago della Società, e che abbandona bentosto per dirigersi obliquamente verso il Messico. A breve distanza dalla costa americana e presso il gruppo di Revilla Gigedo, la isobara di 760mm fa improvvisamente una brusca voltata e si dirige da levante a ponente fra i 15° e i 10° N., finchè, giunta alle isole Bonin, a S. del Giappone, una nuova inflessione non le fa assumere la direzione da libeccio a greco, cioè verso la parte più nordica dell'America inglese. Penetrata alquanto in questo continente, si rivolge ben presto a sud, parallelamente alle sue coste occidentali, che segue fino alla California, d'onde con lievi ondeggiamenti, per gli Stati Uniti e il Canadà, corre all'estremità meridionale della Groenlandia, dove cominciammo a seguirla. Le numerose inflessioni di questa linea rendono difficile il farne comprendere la figura, senza una grafica rappresentazione della medesima. Se non fosse la profonda insenatura ch'essa forma nel Pacifico, si potrebbe dire che, partendo da essa, si trovano, dirigendosi a nord, le basse, dirigendosi a sud le alte pressioni. Comunque sia, per chi la percorra, come noi facemmo, con direzione prevalente da ovest ad est, le alte pressioni si trovano costantemente a destra, le basse a sinistra.

Un'altra isobara di 760mm si nota nell'emisfero meridionale. Ma, al contrario di quella ora esposta, questa è caratteristica per la grande uniformità del suo procedimento. Tre lievi ondeggiamenti, al sud del Chilì, al SO. dell'Australia e al NO. della N. Zelanda, la portano sotto il 40° parallelo, mentre si avvicina al 50° a O. della Patagonia e a S. di Tristan d'Acunha. Rispetto a questa linea, le alte pressioni si trovano al nord, le basse al sud.

Non abbiamo dunque nel luglio una zona equatoriale continua di basse pressioni, quale rilevammo nel gennaio. Una certa tendenza alla formazione di una simile zona la si può dedurre dalla insaccatura del Pacifico già menzionata, e dalle basse pressioni dominanti appena a nord dell'equatore nell'Africa e nell'Indiano. Ma lungo tutto l'Atlantico, anche intertropicale, in luglio dominano, sebbene con modesti valori, le alte pressioni.

Le quali poi si raccolgono particolarmente in tre aree, diverse per vastità e per valore. Una di queste aeree occupa l'Atlantico settentrionale e la massima, di 769mm e più, notasi intorno le Azorre; un'altra occupa buona parte del Pacifico settentrionale e presenta una pressione massima pari a circa 765mm o poco più. Una terza area, molto più estesa delle altre due, si stende con una pressione media di oltre 765mm lungo il tropico del Capricorno, formando un anello ininterrotto dovunque, salvo presso la costa peruviana dell'America meridionale. Questa zona di alte pressioni ha il suo massimo, di oltre 770mm, intorno a Brisbane e fra l'Australia e la N. Caledonia.

Le aree di minore pressione, mentre abbracciano tutta la parte settentrionale del continente antico, buona parte dell'America del Nord e si spingono traverso il Pacifico colla insaccatura più volte menzionata, presentano due speciali centri di minima. Uno, e il maggiore, occupa l'Asia centrale e più specialmente il deserto di Gobi, dove domina una pressione pari o inferiore a 750mm; l'altra occupa le savane degli Stati Uniti, dove la pressione si giudica pari o inferiore ai 755mm.

Questo nell'emisfero settentrionale. Nel meridionale le basse pressioni anche nel luglio, come nel gennaio, si raccolgono intorno alla calotta polare antartica, lasciando presumere che il centro di massima depressione coincida col polo terrestre. E se questo fosse, ivi la pressione dovrebbe essere bassissima, dacchè sui 60° di latitudine è già calata a 740mm, ad onta dello spostamento delle alte pressioni verso l'antartico, che predomina in luglio.

Se pensiamo un istante che il mese caratteristico dell'inverno meteorico nell'emisfero boreale è il gennaio, e nell'emisfero australe il luglio, da quanto dicemmo, è facile arguire che la pressione atmosferica è generalmente maggiore nel verno che non nell'estate; e che quindi le alte pressioni seguono lo spostarsi di quella stagione nel globo.

Però, ciò non toglie che lungo i due tropici, o, per essere più esatti, fra 30° e 40° N e 20° e 30° S., non esistano quasi in permanenza due zone di alte pressioni che si spostano alquanto o si spezzano col variare delle stagioni, ma non si annientano completamente mai. Generalmente da tali zone, sia andando verso l'equatore, sia verso il polo dell'emisfero rispettivo, la pressione va gradatamente scemando. Senonchè, nell'emisfero settentrionale la diminuzione verso il polo è variabile da stagione a stagione, ma in nessun caso spiccata quanto nell'australe. Un altro confronto: nell'emisfero settentrionale,

Digitized by Google

durante i mesi freddi, le aree di alta pressione tendono ad occupare le parti continentali (Asia ed America Settentrionale nel gennaio), e le basse pressioni le oceaniche; nei mesi caldi accade l'inverso, cioe le alte pressioni sovrastanno agli oceani, le basse ai continenti. Se poi, nell'emisfero meridionale, durante i mesi freddi le alte pressioni si distribuiscono senza preferenza sulle terre e sulle acque, nei caldi, come nel settentrionale, le alte pressioni preferiscono gli oceani, le basse i continenti.

La varia distribuzione delle terre e delle acque sul globo, com'è una delle cause che operano più efficacemente sulle variazioni della temperatura, sulla formazione, sulla direzione e sulla violenza del vento e sulla copia della evaporazione, così agisce, oltre che direttamente, anche in via secondaria, su la distribuzione delle pressioni sul globo. Però, a dar ragione delle particolarità di questa distribuzione, converrebbe certamente collegare la trattazione del problema della pressione con quella degli altri elementi climatici che or ora menzionammo. Certamente l'esperienza volgare, che considera il barometro come uno fra i più sicuri profeti delle temperie, s'inganna in qualche caso; ma più spesso ha ragione, e gli studi recenti sui moti dei grandi cicloni e sulle loro relazioni coi centri di massima e di minima pressione e sui gradienti barometrici, lo dimostrano.

Ma di ciò sarà almeno parzialmente trattato, allorchè sarà tema dei venti.

Allorchè si parla di massimi, di minimi e di medî di pressione esistenti in una data località per una data epoca dell'anno, non s'intende già, e giova ripeterlo, che la stessa condizione di cose si rinnovi appuntino ogni anno alla stessa epoca in quella medesima località. Quei valori per sè rappresentano le medie di serie più o meno lunghe di dati talvolta fra loro assai disparati. Così, per esempio, la media pressione del mese di dicembre a Torino è di 762^{mm}7 (ridotta al mare), deducendola dal dodicennio 1866-1877; ma in quello stesso periodo, il dicembre del 1866 presentò una media di 770.^{mm}1, e il dicembre del 1885 ne presentò una di 755.^{mm}6. Ad Udine, durante il quarantennio 1803-1842, la media pressione del gennaio ammontò a 754.^{m}1 (non ridotta al mare); ma è appena in due anni del quarantennio, cioè nel 1804 e nel 1820, che troviamo coincidere quasi esattamente la media del gennaio con quella normale, anzi in qualche anno la differenza è grandissima, dacchè nel 1833 la media pressione di quel mese arrivò a 761.^{mm}5 e nel 1814 discese al 746.^{mm}1.

Peggio sarebbe se, invece di prendere le medie mensili, potessimo prendere ad esame le medie decadiche e giornaliere. In questi casi, le deviazioni dalla media normale sarebbero assai più grandi, come diventano minori, ma pur sempre sensibili, qualora riguardino più ampli periodi di tempo. Così, per esempio, la media pressione dell'inverno meteorologico ad Udine, durante il citato periodo, si valuta a 754.^{mm}2 non ridotta), ma nel 1825 e nel 1835 essa ammontò a 757.^{mm}6 e nel 1803 discese in media a 750.^{mm}1.

Più piccoli ancora sono gli scarti delle medie dei singoli anni dalla media annua normale del periodo. Questa, sempre in Udine, si calcolò corrispondere a 753.^{mm}4 (1); ma la media annua del 1834 salì a 756.^{mm}0 e quella del 1838 calò a 752^{mm}0, con una differenza di 4^{mm} fra i due anni che presentano i valori estremi. Attalchè le differenze fra le medie crescono rapidamente in ragione inversa della lunghezza del periodo.

Siffatte differenze raddoppiano ancora allorche, invece di una media, si prende a raffrontare l'escursioni fra le estreme; ma soltanto, in questo caso, tali escursioni crescono man mano che si allarga il periodo che si considera. Così, nel quarantennio citato, la massima altezza assoluta del barometro in Udine fu di 776.^{mm}8 (8 febbraio 1821) e la minima di 722.^{mm}3 (2 febbraio 1823), con una escursione di 54.^{mm}5; ma, in uno stesso anno, non si notano escursioni maggiori di 48.^{mm}3, come quella che avvenne tra la pressione di 776.^{mm}8 (8 febbraio 1821) e di 728.^{mm}5 (25 dicembre 1821). Però un'escursione poco minore di quest'ultima (cioè pari a 42.^{mm}6) potè verificarsi in una sola stagione, come, ad esempio, negl'inverni del 1823 e del 1837, e parimenti quella di 41.^{mm}2 potè verificarsi nel periodo di un solo mese, poichè il 2 dicembre 1806 si segnalò una pressione di 725.^{mm}8, mentre il 25 dello stesso mese era raggiunta una pressione di 767.^{mm}0. Anzi, persino nel periodo di un solo giorno si possono avere delle escursioni ragguardevolissime, come quella di 27^{mm}2

(1) La differenza fra questo valore e quello di 751 mm. enunciato a pag. 767 consiste nell'essere quest'ultimo anche ridotto a 0° di temperatura. Di più il dato di 751.mm.1 è ricavato dalla media dell'undicennio 1876-1877; mentre quello di 753.mm.4 è tolto dalla media del quarantennio 1803-1842. Questo ultimo dato, ridotto a zero, diverrebbe eguale a 751.mm 9.

Digitized by Google

che si notò nella stessa stagione e in un tempo di sole 20 ore, fra il 10 e l'11 gennaio del 1806, o quella di 13.mm4, osservata in 8 ore 20m, fra il 7 e l'8 ottobre del 1826 (1).

Naturalmente tutte queste rappresentano altrettante anomalie, che però non sono in realtà tanto capricciose quanto può parere a primo aspetto, il che si può dedurre dal fatto ch'esse pure, come già l'escursioni sovraccennate, variano di valore colla stagione, mostrandosi massime nei mesi dell'inverno, minime in quelle della state. E del pari, le improvvise escursioni si mostrano più gravi e più frequenti nelle alte che non nelle basse latitudini, salvo il caso peraltro degli uragani ciclonici, durante i quali fra i tropici si notano delle depressioni veramente enormi. Ad esser parchi d'esempi, ci accontenteremo di citare, come località ormai nota ai meteorologi per potenti e rapide oscillazioni barometriche, la regione dell'Atlantico prossima alle isole Britanniche verso settentrione e posta sotto il 60° di latitudine settentrionale. Ivi, nello scorso anno, cioè il 20 gennaio del 1884, si segnalò un abbassamento di pressione tale che a Stornoway, nell'isola di Lewis (a nord-ovest della Scozia), la colonna barometrica, che alle 6 pom. era alta 765mm3, alle 10 pom. si trovava a 741.mm9, cioè era calata di 24.mm4 in 4 ore di tempo, o in ragione di 6mm ad ogni ora. Nei giorni successivi, la pressione continuò ad abbassare, sicchè nelle stazioni scozzesi, il barometro, ridotto al mare, la sera del 26 gennaio, discese sotto i 700mm; anzi, ad Aberdeen, a 695.mm4, minima mai altre volte registrata nelle stazioni britanniche. Vero è che questo

(1) Questi sono i dati che riguardano Udine e che esponemmo nel testo per la singolare attendibilità che presentano, come quelli che furono il frutto della eccezionale diligenza di un solo osservatore, protratta per 40 anni di tempo (Cfr. GIROLAMO VENERIO. *Osservazioni meteorologiche fatte in Udine nel Friuli pel quarantennio* 1803-1842, Udine, Vendrame, 1851, Tav. 1.ª, pag 3). A Monaco, nel centennio fra il 1781 e il 1880, la pressione variò fra il massimo di 744.5, avvenuto il giorno 23 dicembre 1879, e il minimo di 687.1, avvenuto il 26 dicembre 1856 (Cfr. *Bollettino della Associaz. meteorol. italiana*, Vol. III, Serie II, 11 (nov. 1883), pag. 17). A Padova si ha una lunghissima serie di osservazioni che vanno dal 1725 ad oggi; ma essendo state compiute sopra strumenti e da osservatori diversi, non sono perfettamente comparabili fra loro. Tuttavia si può ricavare questo che la media escursione annua vi è di 35.mm; però nel 1821 essa fu di 49.mm4, cioè oscillò fra 763.mm2 (6 febbraio) e 713.mm8 (25 dicembre), cioè avvenne press'a poco alle date di Udine. Finalmente fra la massima massima e la massima minima ci fu un'escursione di 58.mm3. se si guarda ai valori osservati, o di 53.mm2, se si bada alla correzione proveniente dalle diversità accennate. (Vedi una Nota del Dott. Fr. MIARI-FULCIS sui *Massimi e Minimi barometrici in Padova*, in *Atti del Regio Istit. Veneto*, 1882).

avvenne durante una procella, nella quale l'anemometro di Sandwick-Mause, nelle Orcadi, segnò la eccezionale velocità del vento di 142 chilometri all'ora (1). E per raffronto aggiungeremo come in uno dei più terribili uragani degli ultimi anni, cioè in quello che passò per Manilla, nelle Filippine, il 20 ottobre 1882, fra le 10 pom. del giorno 19 e le 11 1/2 antim. del giorno 20, il barometro discese da 756.mm6 a 724.mm, cioè di 33mm in 13 ore e 1/2, il che, del resto, non arriva a 2mm5 all'ora, cioè rappresenta una rapidità di discesa di gran lunga minore di quella avvertita nella Scozia e da noi menzionata (2).

Ma però si rammenta ancora come durante il celebre ciclone, che il 1 ottobre del 1866 desolò l'isola Nassau nel gruppo delle Bahama, la pressione barometrica, nel centro della burrasca, sia discesa a soli 703.mm, mentre presentava tuttavia il valore di 754mm a 450 chilometri di distanza. Per giunta, nell'isola di Nassau, la discesa della colonna barometrica fu così rapida da poter essere ragguagliata a 18mm in un'ora (3).

Ma v'è un'altra variazione barometrica, della quale ancora non si saprebbe dire se si debba registrarla fra le periodiche o fra le accidentali, ed è quella che affetta proprio le medie annue.

E ben raro il caso che la media annua di un anno sia identica a quella di un altro anno od anche coincida colla normale estratta da una lunga serie di anni. Cosicchè, se si prendono le medie annue di una serie di anni successivi e col loro aiuto si costruisca una curva grafica, si vede che le medie oscillano di qua e di là della retta, che si ritiene come normale. Questo vedemmo poco fa per Udine, dove tra la media del quarantennio 1803-1842 e le medie dei singoli anni non si ebbe mai coincidenza perfetta, quantunque ben sei medie annue differissero dalla media normale dell'intero periodo di meno di un decimo di millimetro (4). A Roma la media del sedicennio 1862-77 fu, ridotta al mare, di 761mm9; ma la media del 1877 fu di 761.mm2, mentre quella del 1863 era stata di 763.mm5, con una differenza di 2.mm3, fra le medie di questi due anni, che rappresentano due valori estremi (5). A Venezia, nel ventennio 1856-

(1) *Bollett. dell'Assoc. meteor. italiana*, luglio 1884, pag. 101.

(2) Stesso *Bollett.*, febbr. 1883, pag. 16 e seg.

(3) *Unter Wissen von der Erde*, pag. 171.

(4) VENERIO. op. cit.

(5) *Monografia della città di Roma*, vol. I, pag. 291, Roma tipogr. elzeviriana, 1881.

Digitized by Google

1875, si ebbe una massima media annua di 761.^{mm}86 nel 1863, e una minima media annua di 757.^{mm}94 nel 1860, cioè una differenza di 3.^{mm}92; mentre la media annua normale dell'intero periodo si calcola a 760.^{mm}07, non ridotta al mare (1).

Portato l'occhio alle curve grafiche risultanti dalle medie annuali di lunghe serie, si credette talvolta di scorgere un certo andamento regolare nelle variazioni che rappresentavano, per cui si pensò che anche queste subissero un certo periodo. Anzitutto conviene fin da adesso affermare che nulla permette di ritenere che la pressione barometrica normale abbia subito una qualsiasi modificazione, dall'epoca almeno nella quale si cominciò a fare osservazioni serie. Forse la media di un decennio, od anche di un ventennio, potrà differire di qualche decimo di millimetro da quella di un altro decennio o di un altro ventennio; ma, come si allunghi la serie, si vede che le deviazioni si compensano, e in tali casi si possono avere delle normali costanti. Almeno ciò risultò dalle osservazioni ormai secolari di Milano, di Monaco, di Londra e di altri luoghi.

In pari tempo però non si può sempre disconoscere che realmente le variazioni in più e in meno non si avvicendino con una certa regola. Così, ad esempio, il Blanford (2), studiando le pressioni atmosferiche della regione australasiatica, rilevò che nell'arcipelago Malese e nelle regioni contermini, gli anni a maggiore pressione media succedono a quelli di minore pressione media, e viceversa, in

(1) Tono Massimiliano, *Confini, posizione geogr. e Clima di Venezia*, Venezia, Antonelli, 1880-81, pag. 19.
(2) *Nature*, Vol. 21, March, 18, 1880.

correlazione col ciclo delle macchie solari, in modo che la maggiore pressione o coincide coll'epoca della minima frequenza delle macchie o le tien dietro immediatamente. E parimenti si verifica l'inverso. Il fenomeno poi riesce tanto più regolare ed evidente quanto più prossimi all'equatore si trovano gli osservatorî dai quali son tratte le medie. Ma più singolare di questo è l'altro fatto, che risultò allo stesso Blanford, allorchè estese le sue ricerche alle regioni dell'Europa e dell'Asia soggette alla Russia, cioè che fra il nord-est dell'Europa e la Siberia occidentale, da un lato, e la regione indo-malese dall'altro, esiste una oscillazione barometrica con ciclo reciproco tale, secondo cui la pressione in Russia e in Siberia raggiunge il suo massimo contemporaneamente al massimo delle macchie solari, mentre nell'arcipelago australasiatico nella medesima epoca ha luogo un minimo di pressione.

D'altra parte lo Chambers (1) crede d'intravvedere che, almeno nella regione tropicale, delle lunghe onde barometriche vadano lentamente spostandosi da ovest verso est attorno al globo. Le epoche delle pressioni massime e minime in tal guisa corrispondono alle epoche delle minime e delle massime nelle macchie solari, ma con un ritardo che, a seconda delle stazioni, varia da sei mesi a due anni. Però, mentre alcuni, come il d'Archibald, credette trovare nelle osservazioni barometriche di Londra e di Pietroburgo una correlazione fra esse e il periodo delle macchie solari, Whipple, studiando le osservazioni di Londra, non ne riscontrò alcuna (2).

(1) *Nature*, vol. 123, 180.
(2) Hann. *Bericht über die Fortschritte der geogr. Meteor.* in *Geogr. Jahrb.*, IX, 1882, pag. 119.

Digitized by Google

CAPITOLO IV.

I MOVIMENTI DELL'ATMOSFERA (1)

PARTE I. — Venti e Tempeste (2)

DEL PROF.

GIOVANNI MARINELLI

« Terra, a sole calefacta, necesse est duplex ut fiat exhalatio (non simplex quemadmodum opinantur nonnulli) altera, quae ad vaporem, altera, quae ad spiritum proxime accedat, altera humoris in terra et supra terram vapor, altera ipsius terrae, quae sicca est, fumida evaporatio, earumque illa quae spiritus naturam habet propter levitatem emineat, haec humilior propter gravitatem inferiores regiones occupet ».

ARISTOTELIS, *Meteorologicorum*, lib. IV.

« Ventus est fluens aer. »

SENECA, *Natur. quaest.*, lib. V., C. I.

1. Col nome generale di *vento* s'intende di esprimere il semplice fenomeno dell'aria messa in movimento.

Gli antichi, segnalato di necessità il fenomeno, si affaticarono a lungo a trovarne la spiegazione, non sempre però cercandola dov'essa veramente si trovava. Onde i favoleggiamenti di Eolo e delle sue caverne, concetto non solo diffuso fra i poeti e nel volgo, ma anche fra i dotti, che asserivano la origine dei venti o di molti fra essi trovarsi nelle grotte e nelle cavità sotterranee, d'onde si sprigionano a tempo a tempo e dove, se trattenuti, ingenerano i terremoti; ovvero ancora nelle esalazioni terrestri. Anzi tali idee, dal mondo intellettuale greco e romano, passarono, assieme ad altre infinite, nella cultura medioevale, talchè noi non ci meraviglieremo di trovarle accennate nelle dottrine dell'enciclopedico maestro di Dante, Brunetto Latini (1), e meglio ancora nelle opere minori del Boccaccio (2).

Però già gli stessi antichi filosofi, e fra gli altri Aristotile e Seneca, comechè confondessero sovente il semplice fenomeno dinamico del vento col fenomeno più complesso della evaporazione, aveano tuttavia intuito come l'autore principale del vento fosse il sole, la causa prima di tutti i fenomeni meteorologici. Bacone da Verulamio e l'Hooke, l'Halley e l'Hadley (3), variamente discutendo il problema, largamente svolsero quel primo embrionale concetto e acutamente lo applicarono alle correnti costanti e periodiche (trade-winds, monsons), sicchè è quasi del tutto merito inglese se l'arduo problema della teoria dei venti (la potenza meccanica dei quali da quel popolo fu ed è così largamente e praticamente sfruttata) fu messo sulla buona strada. Spettava poi a un tedesco, il Dove, e a un americano, il Maury, stabilirne con sicurezza le prime leggi.

(1) KANT EMM., *Geogr. fisica*, trad. ital. vol., 6.° pag. 1 e seg.; — SCHMID, *Lehrbuch der Meteorol.* cit., pag. 460, 475 e seg.; — MÜLLER, *Kosmische Physik*, pag. 640 e seg.; — MOHN, *Elem. di Meteor. trad. dal* RAGONA cit. pag. 118 e seg., 170 e seg., 238 e seg.; *Note*, pag. 77 e seg., 113 e seg.; — MAURY, *Géographie phys. de la Mer, trad. par* TERQUEM, ecc. cap. III e IV.; — TISSANDIER, *L'Océan aérien* cit., pag, 53 e seg.; — HANN, *Handb. der Klimatol.* cit. qua e là; — HUGUES, *Geogr. fisica* cit., pag. 228; — HANN, HOCHSTETTER U. POCKORNY, *Unser Wissen von der Erde* cit., pag. 114 e seg.; — RÉCLUS. *La Terre*, 4.ª ed., 1881, pag. 265; — PESCHEL-LEIPOLDT, *Physische Erdkunde* cit., pag. 203; — SUPAN, *Grundzüge der phys. Erdk.* cit. pag. 63 e seg.; — GÜNTHER, *Lehrb. der Geophysik*, cit., Parte II., 1885, pag 188 e seg. (con ricca bibliografia); — DIAMILLA MÜLLER, *Le leggi delle tempeste sec. la teoria di Faye*, Torino, Paravia, 1881; — FAYE, *Defense de la loi des tempêtes*, in *Annuaire du bureau*, 1875, pag. 407; — id. *Les grands fléaux de la Nature*, ibid. 1884, pag. 741; — FLAMMARION, *L'Atmosfera*, pag. 467 e seg.

(2) Vedi la bibliogr. alla nota precedente e le citazioni a loro posto.

(1) V. a pag. 116 dell'ediz. più volte accennata del *Tesoro*.

(2) *Comment. a Dante*, Lez. XLII., dove veramente definisce il vento come « un semplice spirito, creato da esalazioni della terra e da fredde nuvole esistenti nel l'aere »; Lez. XLIV; *General. Deorum.* lib. IV., cap 22.

(3) SCHMID, op. cit. pag. 465; — HUMBOLDT, *Cosmos*, 2.°, pag. 304.

Digitized by Google

Gia in addietro, parlando dell' atmosfera, accennammo al modo con cui il calore del sole agisce, ingenerando moto nelle molecole atmosferiche; per il chè adesso è inutile tornare sopra un oggetto per sè non difficile e già toccato.

Invece è mestieri trattare sommariamente di alcune caratteristiche dei venti, che permettono di classificarli in categorie diverse, e la conoscenza delle quali è necessaria per avere l'idea completa della cosa. Tali qualità si riducono alla *forza* o *velocità* del vento, alla *direzione*, alla maggiore o minore *regolarità* con cui soffia.

Forza e velocità del vento sono due termini che si corrispondono, o meglio sono due fattori che dipendono uno dall'altro, in modo che dalla misura del secondo si può dedurre il valore del primo.

La velocità del vento si può semplicemente stimare ad occhio, osservando i movimenti degli oggetti comuni scossi da esso: foglie, banderuole, polveri e sabbie sollevate e consimili, o giudicando dalla sensazione che prova il corpo umano; ovvero si può determinare con ben diversa esattezza, mediante l'impiego di appositi strumenti, che, con parola greca, chiamansi *anemometri* (1), e che, del resto, non è nostro compito descrivere.

Le misure a stima sono per loro natura difettose, sì per la scala arbitraria sulla quale si basano, sì per l'errore personale proveniente dall'osservatore, sì finalmente perchè gli oggetti messi in moto dal vento non sempre sono i medesimi, o non si trovano sempre nelle medesime condizioni. Adduciamo tuttavia qualche esempio di classificazione a stima della forza del vento.

Negli osservatorî italiani si è adottata una scala veramente assai limitata per la misura del vento. Designata con 0 la calma perfetta dell'aria e col numero 4 la massima velocità del vento, i numeri intermedî rappresentano altrettanti gradi di forza, nel modo seguente (2):

0 = calma; le foglie rimangono immobili, l'acqua stagnante non s'increspa menomamente, le colonne di fumo s' alzano verticali verso il cielo;

1 = vento appena sensibile, che fa alquanto oscillare le foglie, increspa leggermente le acque e fa alquanto deviare le colonne di fumo dei camini;

2 = vento un po'forte, che muove i ramoscelli degli alberi, fischia debolmente e solleva la polvere più fine delle vie;

3 = vento molto forte, che agita rami grossi ed alberi interi, fischia fortemente e solleva nembi di polvere;

4 = uragano, che rompe e sradica gli alberi e impedisce all'uomo di camminare.

La stessa scala è adottata pure in Isvizzera ed altrove.

Se si vuole, questa stessa scala si può far corrispondere a determinati gradi di velocità chilometrica. Così il vento 1. si valuta corrispondere a una velocità intermedia fra 0^m5 e 2^m per secondo (1800-7200^m all'ora); il vento 2. alla velocità intermedia fra 5^m e 10^m per secondo (18-36 chilometri all'ora); il vento 3. a quella interposta fra 15^m e 25^m all'ora (54-90 chilometri all'ora); finalmente il vento 4. alla velocità intermedia fra 30^m e 50^m al secondo (108-180 chilometri all'ora).

Siccome però non si posseggono criterî di sorta per fissare su basi sicure una graduazione nella scala dei venti, così ogni paese, si può dire, e, in uno stesso paese, istituzioni diverse adottano diverse scale per la loro velocità. In Inghilterra, ad esempio, si posseggono due scale: la *scala terrestre*, con 6 divisioni, e la *scala marina*, con 12 divisioni. Facciamo posto intanto alla prima fra esse:

SCALA TERRESTRE DEI VENTI.

Forza e denominaz. del vento	Velocità del vento		Pressione del vento
	metri al sec.	chilom. all'ora	Chilogr. sopra 1 m.quadrato
0. Calma	0.0 — 0.3	0.0 — 1.1	0. 0 — 0.15
1. Debole	0.3 — 4.0	1.1 — 14.4	0.15 — 1.87
2. Moderato	4.0 — 7.0	14.4 — 25.2	1.87 — 5.96
3. Fresco	7.0 — 11.0	25.2 — 39.6	5.96 — 15.27
4. Forte	11.0 — 17.0	39.6 — 61.2	15.27 — 34.35
5. Tempesta	17.0 — 28.0	61.2 — 100.8	34.35 — 95.4
6. Uragano	oltre a 28.0^m.	oltre 101 chil.	oltre 95.4 chilogrammi

(1) Da *anemos*, vento, e *metros*, misura.

(2) GUIDO GRASSI, *Meteorologia* in *Memoria della Società Geogr. italiana*, Roma, Civelli, 1878, pag. 267. Però l'Ufficio centrale di Meteorologia nel 1879 adottò la seguente scala decimale dei venti.

Calma	= 0	Abbastanza forte	= 5
Quasi calma	= 1	Forte	= 6
Debolissimo	= 2	Fortissimo	= 7
Debole	= 3	Colpi di vento	= 8
Moderato	= 4	Uragano	= 9

Vedi *Annali dell'Uff. centr. di Meteor.*, Serie II., Vol. 1.° 1879, Roma, Cennini, 1880, pag. XXIII.

Digitized by Google

Anche in questo caso il vento *debole* riesce percepibile al senso, move leggermente le foglie degli alberi, increspa le acque, agita una *fiamma* (*flamme*, *wimpel*, *wimble*) o sottile banderuola marinaresca; il vento *moderato* move le frondi degli alberi, distende una *fiamma*; il vento *fresco* (1), agita i rami degli alberi, solleva nembi di polvere; il vento *forte* muove i grossi rami e i tronchi più leggeri degli alberi; la *tempesta* scuote tutti gli alberi anche grossi; l'*uragano* finalmente produce quegli effetti distruttori dei quali femmo cenno. Facciamo quindi posto alla

SCALA MARINA DEI VENTI (2).

Grado	Denominazione	Velocità media in metri al secondo	migl. geogr. all'ora
0	Calma, o calma piatta. .	1.0	2
1	Aura leggera.	3.6	7
2	Brezza leggera.	5.7	11
3	» tesa.	8.2	16
4	Vento moder. o maneggev.	10.3	20
5	Vento teso o vento fresco	12.9	25
6	Vento forte	14.9	29
7	Burrasca o colpi di vento moder.	18.0	35
8	» » » vento forte	21.6	42
9	» » » vento fortissimo	25.2	49
10	» stabile	29.3	57
11	Fortunale o tempesta . .	33.9	66
12	Uragano	40.6	79

La scala marina dei venti è destinata all'uso della navigazione; quindi le denominazioni ora accennate non hanno un valore corrispondente con esattezza al loro significato assoluto, ma sì in ordine alla nave, la quale non si move già colla velocità propria del vento ma con una velocità risultante da quella del vento, dalla direzione propria, dalla forma, dall'ampiezza e dalla forma delle vele e consimili.

Generalmente, in *calma piatta* il bastimento non governa, e comincia a *sentire la barra* solamente sotto l'influenza di un' *aura leggera* o *bava*; la *brezza leggera*, se favorevole, lo spinge colla velocità da 1 a 2 nodi (o miglia geografiche o marittime all'ora); sotto la *brezza tesa* e il *vento moderato* il bastimento può ancora portare tutte le vele e fila, nel primo caso da 2 a 4 nodi, nel secondo da 4 a 6 all'ora; sotto il *vento fresco* esso deve cominciare ad ammainare le vele, ma può ancora tenere i contrevelacci; mentre sotto il *vento forte*, qualunque sia la sua andatura, ha i velacci e un terzarolo alle gabbie; in caso di *burrasca moderata*, *forte* o *fortissima*, andando di bolina, esso deve man mano mettere due e tre terzaroli alle gabbie e da ultimo tutti i terzaroli alle gabbie e alle basse vele; sotto una *burrasca stabile* o sotto *colpi di vento tempestosi*, il bastimento si mette alla cappa e può portare una sola bassa vela terzarolata; sotto una *tempesta* o un *fortunale*, si mette pure alla cappa colle vele di taglio di fortuna; finalmente l'*uragano* lo mette a secco di vele.

(1) Va da sè che a questo vocabolo *fresco* non si ammette nessun valore termico.

(2) MOHN, *Meteorol.*, pag. 123 e GRASSI, cit. pag 268.

Naturalmente la velocità del vento varia colle circostanze. È massima dove minori sono gli ostacoli, come sul mare; è minima dove gli ostacoli sono maggiori, come presso il suolo, coperto di vegetazione, od aspro di accidentalità. Ma talora queste stesse cooperano ad aumentare la velocità, sia creando correnti di rimbalzo, oppure costringendo una corrente larga a comprimersi in una gola, e quindi ad accrescere la propria rapidità per una ben ovvia causa meccanica. Il Mohn, a proposito di quanto s'è detto, trovò che sulle coste occidentali della Norvegia, il medio valore annuale del forza del vento (in metri al secondo) sarebbe di 2.5 o 3 a Bergen; di 2.1 a Cristiania; di 1.3 ad Ytteröen, nel fiord di Drontheim (Trondjen), mentre a Dombas sull'altipiano dei Dofrini (Dovrefjeld) sarebbe soltanto di 0.9. A Modena, la velocità media annua del vento, secondo il Ragona, sarebbe di $2.^{m}$ 4 al secondo; a Milano di $1.^{m}$ 1; ad Alessandria soltanto da $0.^{m}$ 9; a Vienna, secondo l'Hann, di $2.^{m}$ 2.

I recenti viaggi d'esplorazione marittima hanno reso molto evidente la differenza ch'esiste nella velocità del vento negli oceani aperti, presso le coste e nei continenti. Così, secondo il Buchan, che trasse le sue deduzioni specialmente dalla spedizione del « Challenger », la media velocità del vento nell'oceano Atlantico sale a $8.^{m}$ 0 al secondo, nel Pacifico settentrionale a $7.^{m}$ 0, nel Pacifico meridionale a $10.^{m}$ 5. In generale, presso i continenti la velocità del vento cala a $5.^{m}$ 6 per secondo (1).

D'altronde è noto il ritardo che i continenti devono produrre, opponendosi al procedere delle correnti aeree. Una prova del fatto è data dalle osservazioni compiute a Yarmouth. Questo porto è posto sulle coste orientali del-

(1) *Geogr. Jahrb. von* H. WAGNER, X B, 1884, pag 71.

Digitized by Google

l'Inghilterra. Or bene: ivi il vento di levante, che vi arriva come vento di mare, presenta una velocità doppia di quella del ponente, che vi giunge come vento di terra, quantunque la contrada, procedendo dalle coste verso l'interno, si presenti interamente piana. Ma ciò che v'è di più significativo sta in ciò, che nel faro galleggiante posto al largo, cioè a circa mezzo miglio geografico dalla costa, in termine medio i venti di levante e di ponente presentano una forza suppergiù eguale.

Evidentemente anche in questo caso le cause locali hanno un'azione notevolissima nell'alterare la regola accennata, come lo possono mostrare le straordinarie velocità che presentano la *bora* a Trieste e lungo il litorale liburnico, e il *mistrale* a Perpignano, a Marsiglia e, in genere, lungo il lido provenzale, benchè entrambi venti di terra. È noto che sul Carso, fra Trieste ed Adelsberg, la bora più volte riescì a rovesciare dei vagoni ferroviarî vuoti, ciò che verrebbe a corrispondere a una pressione di 170 chilogrammi per metro quadrato, ovvero a una velocità di circa 34.^{m} al secondo. E sulla linea tra Narbona e Perpignano in otto anni (1860-1867) furono rovesciati *cinque* convogli, di consueto composti di carri vuoti, ma *due* volte, fra queste cinque, atterrando e trasportando anche vagoni carichi di merci o di passeggieri. In questi due accidenti, avvenuti fra il 10 e l'11 febbraio 1865 e il 5 dicembre 1867, la forza del vento si stimò oscillare fra i 151 e i 254 chilogrammi per metro quadrato, non però in nessun caso superare quest'ultimo valore (1), che pur da taluno si vuol far salire a 448 chilogrammi per metro quadrato per la burrasca del 27 febbraio 1860 (2).

Allontanandosi dalla superficie terrestre, la velocità del vento cresce rapidamente. La velocità, già in apparenza notevole, di nubi poste a qualche chilometro di distanza dal nostro occhio, se misurata effettivamente, apparirebbe addirittura enorme. E difatti gli aerostati talvolta senz' accorgersi sono trasportati con velocità grandissime, cioè tali che corrisponderebbero all' uragano, se l' aria corresse presso terra; e intanto gli strati d'aria inferiori o provano la calma o sono soggetti a moti senza confronto più tenui.

Così, per esempio, i signori de Fonvielle e Tissandier, il 7 febbraio 1869, furono trasportati in aerostato da Parigi a Neuilly-Saint-Front, al di là di Château Thierry, nello spazio di 35 minuti, il che corrisponde ad una velocità di circa 150 chilometri all'ora; mentre in basso lo stato dell'atmosfera era perfettamente normale.

Altra volta, in una delle sue ascensioni, il Coxwell fece una traversata aerea di 110 chilometri in 60 minuti; mentre presso al suolo la velocità del vento era di 23 chilometri all'ora; Glaisher ancora trovò di spostarsi colla velocità di 25 chilometri all'ora, quando all' osservatorio di Greenwich lo stesso strato d'aria si moveva nel medesimo senso in ragione di 3200.^{m} durante lo stesso tempo.

Del pari le recenti osservazioni praticate alla vetta del Säntis (2404.^{m}) mostrarono che ivi la velocità del vento è in media otto volte maggiore che non a Berna.

La regola è che la velocità del vento cresca coll'altezza; ma questo non avviene sempre nè costantemente. Un'inversione a tale norma venne fra altre volte, per esempio, registrata il 24 marzo 1875. Lo *Zenit*, un pallone salito dal Tissandier e da altri dotti, trovò a 1000.^{m} d'altezza velocità variabili da 5.^{m} 80 a 12.^{m} al secondo, a 1700.^{m} tornò a trovare appena 5.^{m} 90, eppoi a 750.^{m} segnalò una velocità di 8.^{m} 25, sempre al secondo.

Questo di consueto dipende dal mutare delle correnti aeree, ed è altresì influenzato dalle accidentalità superficiali terrestri, colline, montagne, vallate, il cui effetto, secondo le osservazioni degli areonauti, si fa sentire sul vento fino circa a 600 ed anche ad 800.^{m} dal suolo (1).

Ma, anche limitandoci a considerare brevi differenze di altitudini, si nota lo stesso fenomeno. « A bordo della corvetta norvegese *Nornen* » narra il Mohn « all'ancora nel porto di Queenstown in Irlanda, nel luglio del 1870, si osservò che a 4.^{m} 4 sul mare il vento aveva una velocità di 3.^{m} 32 al secondo; a 19.^{m} 5 la velocità era di 3.^{m} 33, e a 23.^{m} 3, raggiungeva il valore di 3.^{m} 83 ». E del pari, mentre, come dicemmo, la velocità media annuale del vento nell'osservatorio di Vienna sale a 2.^{m} 2 al secondo, la stessa media ricavata dalle osservazioni che contemporaneamente si praticavano sulla piattaforma di una torre alta 22.^{m}, posta fuori della città in aperta campagna, ammonta a un valore più che doppio di quello, cioè a metri 5.7 per secondo. Del resto, la semplice osservazione

(1) DIAMILLA-MÜLLER, *Le leggi delle tempeste*, ecc., pag. 189 e seg.
(2) RÉCLUS, *La Terre*, 2.° pag. 405.

(1) Cnfr. in proposito TISSANDIER GASTON, *Observat. météorol. en ballon*. Paris, Gauthier-Villars, 1879, pag. 3.

Digitized by Google

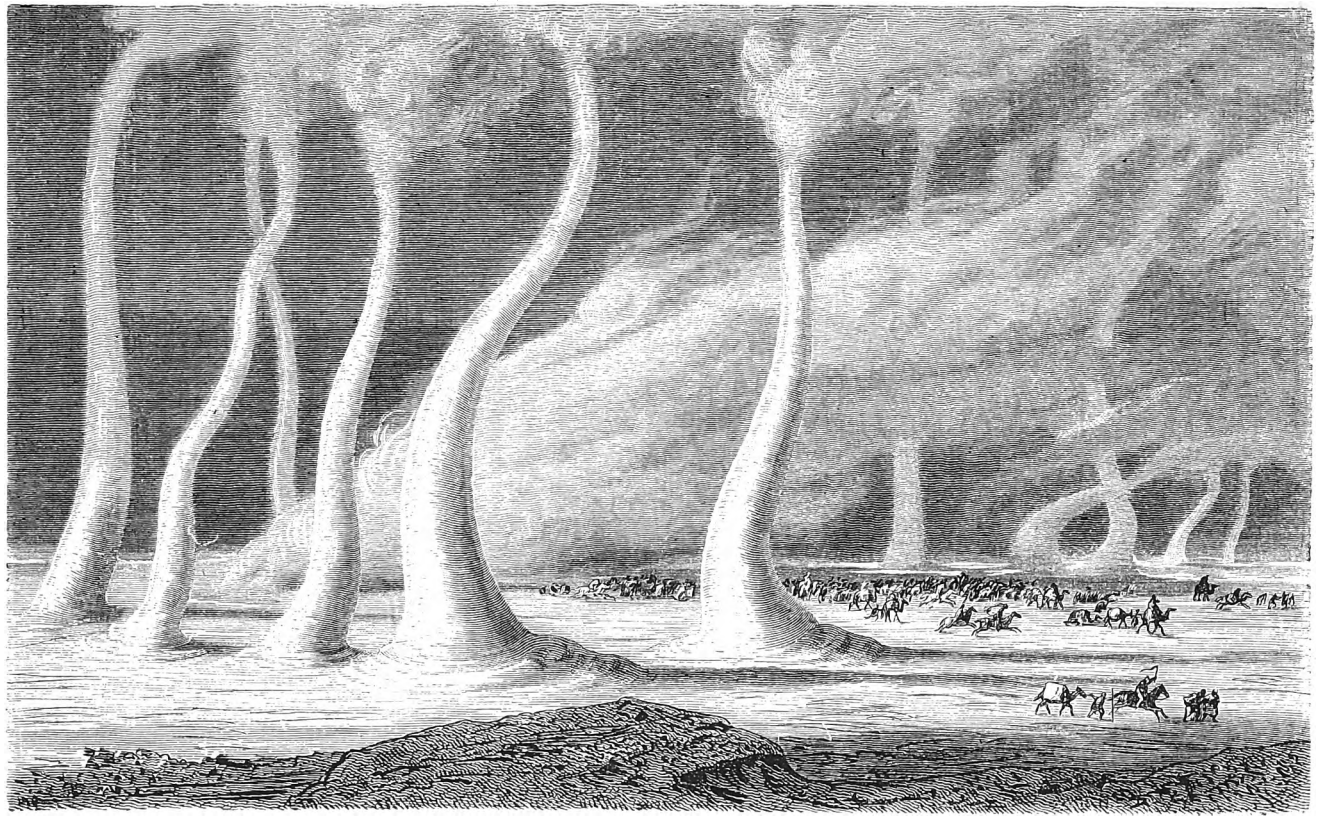


Fig. 460. — Tromba di sabbia nel deserto.

Digitized by Google

Digitized by Google

volgare mostra mosse dal vento le banderuole delle torri, il fumo dei camini, le *fiamme* delle navi, anche quando sul suolo o sulla tolda regna calma perfetta. In generale, poi, in seguito a sperimenti compiuti appositamente, si giudica che ad una distanza di 30.$_m$ dal suolo un anemometro sia esposto ad una forza circa 1.8 volte maggiore di quella a cui è soggetto un anemometro posto presso la superficie del terreno.

Talvolta il vento assume una forza e una velocità eccezionali, e allora gli effetti della sua potenza dinamica sono addirittura spaventevoli. Nei nostri osservatorî d'Italia succede ben di rado che gli anemometri segnalino velocità superiori a 10 o 12.^{m} al secondo. A Modena, per esempio, il Ragona considerò quale vento assai impetuoso quello del 6 settembre 1876, che corrispondeva a una velocità di 40 chilometri all'ora, o di circa 11.^{m} al secondo. In realtà, nell'oceano aperto o lungo le coste, il vento nei fortunali può correre con velocità superiori di gran lunga ai 150 e anche ai 180 chilometri all' ora. Il Mohn cita esempi di velocità eguali a 198 chilometri in un'ora, e il Ragona stesso rammenta come a Sydney, in Australia, il 7 settembre del 1876, cioè il giorno successivo a quello in cui era avvenuta la burrasca segnalata a Modena, che menzionammo, la velocità del vento da 140 chilometri all'ora salì ad un tratto a quella di 210 chilometri e in qualche *rafale* persino a 240 chilometri all'ora, cioè a non meno di 60.^{m} al secondo, il quadruplo di una locomotiva lanciata a tutto vapore. La pressione corrispondente a siffatta velocità è espressa dal Ragona in 117 libbre inglesi per piede quadrato, il che, se non erriamo, corrisponde a circa mezza tonnellata per metro quadrato (1).

Dallo studio dei 600 cicloni che colpirono gli Stati Uniti dell'America settentrionale fra il 1794 e il 1884 risulta che la velocità media del loro movimento di girazione ammonta a 170.^{m} al minuto secondo!

Gli straordinarî effetti dinamici che qualcuno fra essi ha prodotto giustificano tale giudizio, secondo il quale la velocità di rotazione sarebbe soltanto la metà di quella che anima la palla da fucile. Invece la velocità media di traslazione sarebbe uguale soltanto a 17.^{m} al secondo e variabile fra un minimo di 5 e un massimo di 25.^{m} pure al secondo (1).

2. I danni che l'azione dinamica di venti dominati da velocità di tal genere produce sul globo talvolta appariscono enormi. I trattati e le effemeridi di meteorologia son pieni di racconti veramente spaventevoli di disastri prodotti da tale causa e specialmente allorchè il vento si move a movimento turbinoso, come avviene nel caso dei grandi cicloni, dei quali la teoria meccanica verrà largamente esplicata in appresso. *Tifoni* (taï-feng), come si chiamano in Cina, *tornados*, come sulle coste dell'Africa o dell'America meridionale, o *travados*, come in Portogallo, *aracan* od *huiranvucan*, (uragani) come nel mar Caraibico, *trombe* o *bissabove*, o *cude de drao*, o *draonare* (Sicilia), come si chiamano da noi, le tempeste a movimento circolatorio di solito sono uno fra i più trementi fenomeni che desolino l'umanità. Parecchie fra le citate denominazioni accennano alla forma d'imbuto che siffatti fenomeni assumono tanto sulla terra quanto sul mare, e che possono essere ricordati nelle fig. 460 e 461. Analoghe espressioni erano quelle che si adoperavano e si adoperano nel mondo scientifico, quali quelle di *nubis pendula*, *columna*, *tuba*, *trombe*, *water-spout* (trombe o getto d'acqua), *wettersäulen* (colonne temporalesche), *wasser* und *windhosen* (calzoni d'acqua o di vento) e simiglianti. Del resto le trombe marine non differiscono essenzialmente dalle terrestri, salvo che per la resistenza che queste trovano nelle accidentalità del suolo e nella natura dei disastri che producono. Siccome poi, ogni giorno che passa, si riconosce meglio che le grandi tempeste appunto appartengono alla serie dei cicloni (2), cioè sono dominate da movimento circolatorio, sarà facile comprenderne gli effetti, se si calcola che i soli disastri marittimi registrati a Parigi da uno speciale ufficio, detto *Bureau Veritas*, fra il 1872 e il 1880, cioè nel periodo di 9 anni, produssero la perdita di non meno di 15658 navi a vela e 1279 a vapore, un totale, cioè di 16937 navi, vale a dire in media la perdita di oltre 5 navi al giorno (3).

(1) Se si tratta della libbra detta *troy imper.* (373 gr.), la pressione sarebbe di 401 chilogrammi per metro quadrato; se della libbra detta *avoirdupois*, com'è più probabile, sarebbe di 571 chilogrammi, sempre per metro quadrato.

(1) FAYE, *Les grandes fléaux de la Nature* in *Ann. du Burreau des long.*, 1884, pag. 835.

(2) Questa denominazione di *cicloni* adesso nella scienza ha assunto un significato più ampio, come si può vedere n appresso.

(3) FAYE, *Les grands fléaux de la nature*, pag 802; — DIAMILLA-MÜLLER, *Le leggi delle tempeste*, Torino, Paravia, 1882, pag. 1.

Digitized by Google

L'Europa, per nostra fortuna, non è la terra prediletta dei *tornados*; ma tuttavia anche qui la cronaca meteorologica ha conservato memorie tristissime di trombe funeste per ruine o per stragi. Di tal genere, a mo' d'esempio, fu quella che colpì Padova nel giorno 17 agosto 1756 e che vi demolì parte della grandiosa Sala della Ragione (1). Le dimensioni della cupola che oggi copre tale maestoso edificio sono le seguenti: lunghezza quasi 82^m, larghezza 27^m ed altezza 15^m; e tutto porta a credere che le dimensioni d'allora fossero di poco diverse dalle attuali. Per giunta il tetto allora era rivestito di piombo. Ora « nel funesto accennato giorno » narra il Gennari « l'impeto del turbine urtò con tanta forza l'eccelsa vôlta della Sala, che, malgrado le catene e gli arpioni di ferro, la staccò dalle grosse muraglie, ov'era piantata; e parte lasciò cadere sul pavimento e parte precipitò sopra gli archi della loggia settentrionale, essendone solamente restata in piedi una piccola porzione verso ponente . . . . . Orribile cosa fu a veder volare i merli delle muraglie e le lamine di piombo asportate dal turbine a notevole distanza » — si vuole anche di 3 miglia, per esempio, al prossimo villaggio di Ponte di Brenta — « mentre che da tutte le case nel tempo stesso con ispaventevole strepito assi, tegoli, pietre, grondai, invetriate a forza divelti e rami d' albero schiantati si aggiravan per l'aria ». Per comprenderne i danni, basta affermare che nel ristaurarli si spese la somma di 37272 ducati veneti, cioè, ragguagliata la moneta, forse un tre milioni di lire.

Altra tromba poco diversa fu quella che desolò parte del territorio di Roma l'11 e il 12 di giugno del 1749 e che venne descritta dal Boscowich (2). Essa proveniva dal mare in modo che il primo paese toccone fu Ostia, dove scoperchiò tetti, ruinò capanne e case, devastò campagne e quindi, presa la direzione di greco, si precipitò su Roma. Il turbine apparve in sembianza di una nuvola oscura, lunga ed assai alta, visibile, essendo di notte, grazie ad incessante folgoreggiare. Pare ch'entrando in Roma la sua velocità s'accrescesse. Certo è ch'entrata fra le porte di S. Sebastiano e di S. Paolo ed uscita fra la porta Pia e quella di S. Lorenzo, produsse nella città danni inestimabili. Ma la traccia del suo passaggio non rimase soltanto traverso la città; bensì in tutto il tragitto che separa Ostia da Roma, cioè sopra un tratto di forse 38 chilom.: lungo il quale rovesciò vigneti, alberi, sfondò tetti e porte di case, smattonò i pavimenti, rovesciò addirittura case intere, arrecando i maggiori danni agli oggetti alquanto alti sul suolo, i minori e talvolta minimi a quelli posti terra terra.

E assai più recente e più terribile ancora è la memoria del turbine precipitato sopra la città di Calania il 7 ottobre del 1884 (1). Pare che tale tremenda *cuda di drao* (coda di drago, secondo l'espressione popolare locale) sia sorta a Passo Portiere, quasi nel centro della bassa pianura di Catania, e pressochè al confluente delle valli del Simeto e del Dittaimo. Procedendo da OSO ad ENE per le campagne di Misterbianco, e poi traverso le nude lave del 1669, essa raggiunse il colle e il villaggio di Cibali, quindi le campagne e l'abitato del Borgo di Catania, di Picariello e dell' Ogunia, dove finalmente scaricossi in mare. Sopra una lunghezza di 20 chilom., le traccie lasciate mostrarono che la tromba non presentava una larghezza maggiore di 150 metri. Ma quali traccie! Già un esame preliminare avverte essere stata enorme la velocità di trasporto della meteora, cioè, a quanto pare, non inferiore a 36^m al secondo, ovvero a 133 chilom. all'ora. Aggiunto a questo il moto turbinoso, proprio di tali trombe, se ne comprenderà agevolmente gli effetti. Il solco lasciato sul suolo era un ingombro di alberi sradicati e contorti e di vigne strappate, di macerie d'edifici, di oggetti domestici infranti. Le case minori e più deboli furono rase al suolo; delle maggiori, a due piani, demolito il superiore, quasi sempre salvato il pianterreno; delle più solide almeno asportato il tetto e l'intera mobilia. Trenta morti fin dalle prime ricerche e 350 feriti, dei quali più tardi alcuni accrebbero la triste cifra dei morti, rappresentano eloquentemente la potenza della meteora, durata forse soltanto 9 minuti, dal momento in cui sorse a quando il suo impeto si scaricava sulle onde marine.

Celebre fu ancora il temporale che il giorno 13 luglio 1788 traversò buona parte della Francia, dalla Garonna a Lilla, proseguì nella Fiandra austriaca e forse oltre fino al mare del

(1) Vedi lettera di un anonimo (ch'è poi il Gennari) intorno a tale fenomeni, stampata in Padova, Conzatti, 1756, e Gloria, *Intorno al Salone di Padova*, Padova, Randi, 1879, pag. 38.

(2) *Sopra il turbine che la notte tra gli* XI *e il* XII *giugno* 1749 *danneggiò una gran parte di Roma. Dissertazione di* P. R. Boscowich, *Roma*, 1749.

(1) Vedine la relazione dettata da Orazio Silvestri in *Annuario Scientifico italiano*, Anno XXI, 1884.

Digitized by Google

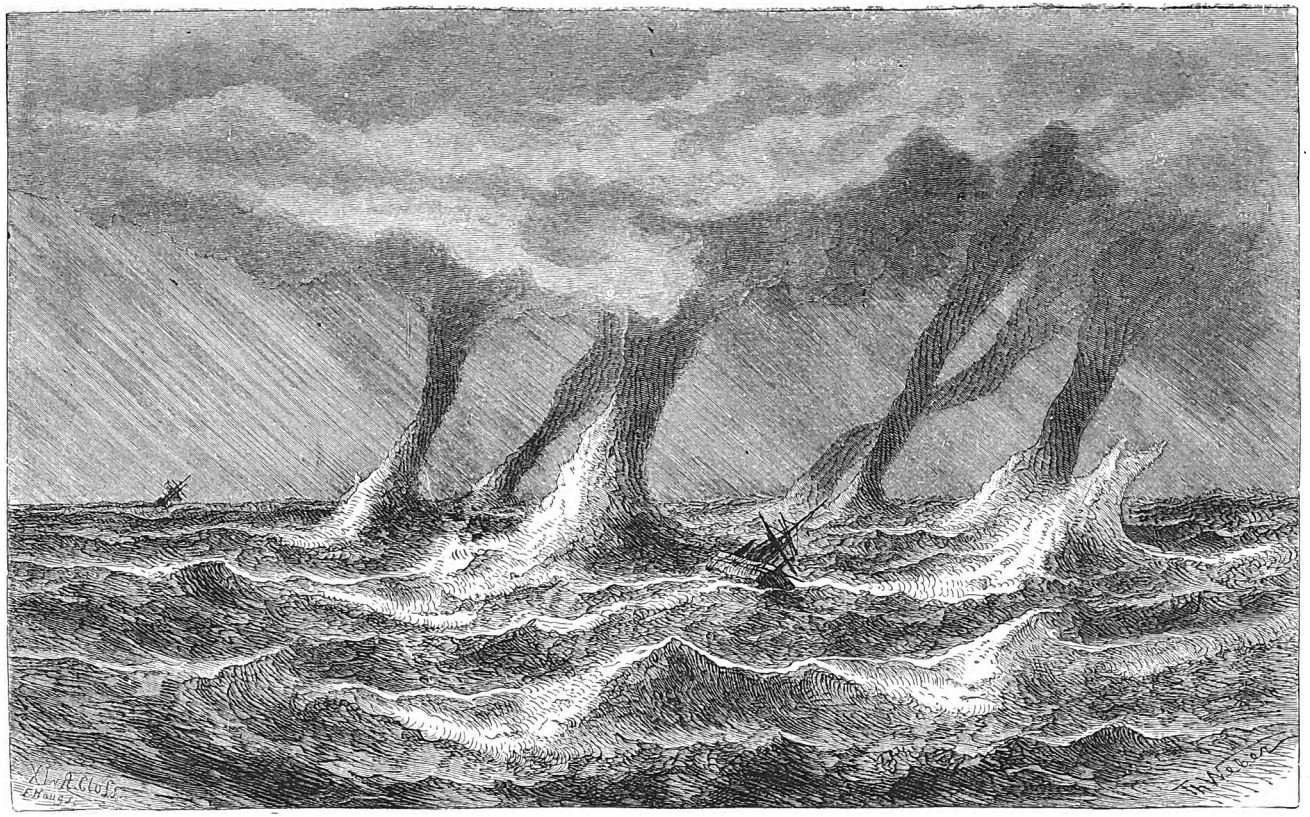
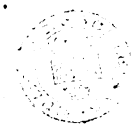


Fig 461. — Tromba marina

Digitized by Google



Digitized by Google

Nord. Una speciale inchiesta, allora ordinata dall'Accademia delle Scienze, mise in luce danni senza fine. In sole cinque generalati, Orléans Parigi, Soissons, Amiens, Lille, 978 parrocchie ebbero un danno di quasi 17 milioni di lire, che, ragguagliato il valor del denaro, rappresenterebbero oggi una somma quadrupla o quintupla. Case ruinate o scoperchiate, villaggi demoliti, alberi d' alto fusto rovesciati, sradicati, contorti, mutilati (nel solo bosco di Rambouillet più di mille alberi abbattuti), vite di uomini e di animali spente, insomma un vero disastro, ecco il risultato della inchiesta.

E rovistando le cronache meteorologiche o scientifiche, si vedrebbe che siffatti fenomeni sono frequenti più di quanto non si creda a primo aspetto. Nei nostri stessi paesi non passa, si può dire, anno senza che avvengano parecchie trombe desolatrici di una o di un'altra zona; mentre poi ogni qual tratto succede uno di quei maggiori disastri che sventuratamente lasciano traccia più profonda sulla terra e nella memoria degli uomini. In Francia, ad esempio, son rimaste tristamente memorabili le trombe d'Assonval (Pas-de-Calais) del 6 luglio 1822; quella di Châtenay (Seine-et-Oise) del 18 giugno 1839; quella di Monville e Malaunay (Seine-Inferieure) del 19 agosto 1845; quella di Vendôme del 1871; quella di Moncey del 1874; ed altre molte dopo quell'epoca. In Italia, fra le meno lontane, son memorabili la tromba di Palazzolo, in Friuli, del 28 luglio 1867 (1); quella di Moncalieri, in Piemonte del 17 agosto 1868; quella avvenuta nel Canavese, il 7 ottobre 1873; il grande uragano che, l'8 e il 9 luglio 1875, si precipitò su mezza Europa, e fece notevoli danni su tutta l'Italia settentrionale, ma peggio che altrove a Motta Visconti sul Ticino; la serie dei cinque uragani (4 giugno, 22 luglio, 30 agosto, 1.° settembre e 20 ottobre) del 1880, quello citato di Catania del 1884, ed altri, che forse sarebbe troppo lungo esporre.

E sempre rimanendo nelle regioni europee, tristamente memorabile sarebbe pure il tifone del 26 giugno 1875, che imperversò specialmente contro la città di Buda in Ungheria, e che fra quella città e i dintorni, oltre ad infiniti danni economici, fece più di 200 vittime e un mezzo migliaio di feriti.

Ma tutti questi uragani d'Europa son poca cosa a confronto di quelli che la storia della meteorologia segnalò nelle regioni tropicali, nelle Antille, nelle Mascarene, in Australia, sulle isole della Sonda, e anche all'infuori della zona torrida, per esempio, negli Stati Uniti e nel Giappone.

Tutti i trattati di meteorologia, ad esempio, rammentano il *grande uragano* che traversò tutte le Antille il 10 ottobre 1780.

« Il suo diametro comprendeva, sul sorgere, i punti estremi delle isole Sottovento, la Trinidad ed Antigoa. Il suo centro a 10 ottobre passò sopra la Barbada e S. Lucia, che furono totalmente devastate, e dove nulla rimase dietro l'uragano, nè alberi nè case. A Santa Lucia i più solidi edifici furono travolti e sei mila persone rimasero schiacciate sotto le ruine. La flotta inglese che vi si trovava ancorata vi fu quasi per intero dispersa. » « È impossibile » avverte sir. G. Rodney nel suo Rapporto officiale « di descrivere l'or-
« rore delle scene che accaddero alla Bar-
« bada e la miseria degli sventurati abitanti.
« Non avrei mai creduto, se non avessi visto
« coi miei stessi occhi, che il vento solo potesse
« distruggere così completamenle tante solide
« abitazioni. Sorgendo il giorno, la contrada,
« già fertile e florida, non offriva più se non
« il triste aspetto dell'inverno. Non una fo-
« glia si notava sugli alberi, sui quali l'ura-
« gano era trascorso ».

« Il ciclone, precipitandosi poscia sulla Martinica, investì una flotta francese di cinquanta navi, a bordo della quale si trovavano 5000 soldati. Soli sei o sette marinai sfuggirono al naufragio. La maggior parte dei bastimenti isolati che si trovavano sul passaggio dell'uragano s'affondarono coi loro equipaggi ».

« A la Martinica i morti furono nove mila; mille a Saint-Pierre, dove centocinquanta case disparvero ad un tempo per una marea di rigurgito. A Fort-Royal, la cattedrale, sette chiese e centoquaranta case furono rovesciate; più di cinquecento malati o feriti vennero sepolti sotto le rovine dello spedale. Delle seicento case di Kingstown, nell' isola di Saint-Vincent, quattordici sole rimasero in piedi. I cannoni delle batterie dalla forza del vento furono mossi dal loro posto: uno fra essi fu trasportato a circa 126^{m} di distanza. Francesi e Inglesi allora erano in guerra; ma in una simile catastrofe, in mezzo a tante rovine, gli odî si acquietarono, per dar luogo ad un sentimento generoso d' umanità, e il marchese di Bouillé, governatore della Martinica, fece porre in libertà i marinai inglesi

(1) Cossa e Clodig, *Sulla tromba di Palazzolo*, ecc. in *Annali del R. Istituto tecnico di Udine*, Anno I, 1867, pag. 53.

Digitized by Google

fatti prigioni in seguito ad un comune naufragio (1) ».

Il Réclus (2) poi raccoglie con diligenza alcuni fatti che mostrano la singolare potenza di questi fenomeni. Così, ad esempio, durante l'uragano del 26 luglio 1825, che colpì specialmente la Guadalupa, un colpo di vento sollevò una tavola dello spessore di un pollice e la scaraventò con impeto tale da trapassare parte per parte un tronco di palma del diametro di 40 centimetri; e nella stessa occasione alcune mobiglie ed altri oggetti infranti furono dal vento trasportati a Monserrato, al disopra di un tratto di mare largo non meno di 80 chilometri. Parimenti, in un minore ciclone segnalato a Calcutta, un bambù fu lanciato attraverso una muraglia di un metro e mezzo, il che corrisponde all'effetto di un cannone da sei. A San Tommaso delle Antille, nel 1837, la fortezza che difende l'ingresso del porto venne demolita, come se avesse subìto un vero bombardamento. Massi di roccia furono staccati dal fondo marino, dove giacevano sotto 10 o 12^m d'acqua, e gettati sulla spiaggia. Altrove, solide abitazioni, sollevate dalle fondamenta, strisciarono sopra il suolo, come se sfuggissero la potenza della tempesta. Ad Antigua nel 1681 un bastimento fu portato sulle roccie fino a 3 metri sopra le più alte maree e lasciato a cavalcioni fra due spigoli di roccia, quasi a guisa di ponte. Però in questo caso, il fatto, più che alla diretta azione del vento, ci sembra doversi attribuire a quella che risulta di seconda mano dall'azione del vento sulle onde, per cui non è raro di trovare, dopo tali eccezionali catastrofi, dei bastimenti arenati ben dentro terra. Di tali ondate di fondo o di rigurgito venne discorso: tuttavia vuol essere rammentata quella che nell'uragano delle Barbade del 1831 si sollevò fino a 22^m sopra il livello ordinario delle onde; e quella che nel 1864, durante il grande ciclone di Calcutta, produsse un rigurgito tale di quel ramo del Gange che assume il nome di Hougli, da alzarlo di 7 metri e da ingenerare un'inondazione di buona parte di quel delta.

Anche nella zona temperata si notano talvolta degli uragani, che nulla lasciano invidiare per violenza a quelli della torrida. Di recente, per esempio, i giornali ci arrecarono la narrazione dei danni subìti sulle coste occidentali del Giappone in seguito all'uragano

(1) FAYE, *Les grande fléaux*, ecc., pag. 813.
(2) *La Terre*, Vol. 2.°, pag. 402.

del 26 e 27 dicembre 1884. A Curascichi si notarono oltre a 500 case distrutte ed oltre a 1800 vittime umane; a Tancascina la violenza delle onde, rotte le dighe, invase il paese, colla morte di 100 persone e colla rovina di 430 case; a Imabari, Matsuyana ed Iyo, le vittime furono 170, le case distrutte 151, senza contare 112 battelli, o, come colà li chiamano, *giunche*, affondate.

Paese caratteristico per i *tornados*, o tempeste circolari, nella zona temperata sono gli Stati Uniti, dove tali imponenti fenomeni sono studiati colla importanza che merita una causa così notevole di disastri. Nei primi 80 anni di questo secolo ivi ne furono segnalati ben 500, e va avvertito che, durante la prima metà del secolo, si aveva pochissima cura nel registrarli, e che per giunta il territorio occupato da genti civili capaci di porvi mente era assai più limitato che non attualmente. Questo spiega il fatto del perchè nei primilustri del secolo se ne segnalassero uno soltanto ogni due o tre anni, mentre in questi ultimi essi ammontino talvolta a un centinaio all'anno, come lo mostra la tabellina seguente (1):

	Tornados		Tornados
Dal 1794 al 1804	4	Nel 1875	58
» 1811 » 1821	6	» 1876	42
» 1823 » 1833	12	» 1877	67
» 1834 » 1844	19	» 1878	57
» 1845 » 1855	11	» 1879	72
» 1855 » 1867	15	» 1880	111
» 1869 » 1874	25	» 1881 (fino sett.)	60

Per dare poi una idea dei danni che arrecano, basti rammentare come, in circa 20 mesi, cioè nel periodo che corre dal febbraio del 1880 al settembre del 1881, dagli uragani gli Stati Uniti ebbero questi danni: 177 persone uccise, 539 gravemente ferite, 988 case demolite, 5 villaggi, da 100 a 1000 abitanti l'uno, quasi interamente distrutti; una perdita di 2 milioni di dollari, limitando la ricerca a quella parte dove si poterono istituire stime periziali.

Bisogna poi leggere le descrizioni di qualcuno di tali fenomeni, quali sono con estrema diligenza esposte nei Rapporti del *Signal Service* degli Stati Uniti, per comprenderne la violenza sterminatrice. Nel tornado di Delfo nel Kansas, del 30 maggio 1879, oltre ai consueti fenomeni degli alberi sradicati, delle case scoperchiate e rovesciate, delle persone turbinate dal vento, fenomeni che si manife-

(1) FAYE, *Les grands fleaux*, pag. 819.

Digitized by Google

starono sopra una larghezza di 1o 2 miglia inglesi (da 1 chilom. e $^1/_2$ a 3, o giù di lì), si notarono delle case intere sollevate dalle fondamenta e trasportate altrove. Una di queste, quella del signor King, presso Delfo, in tal guisa fu deposta a 100 metri (300 piedi) dal luogo ove sorgeva, tutta sconquassata sì, ma non rovinata completamente. In questa circostanza si notò che quanti viventi furono preda dei cicloni, altrettanti rimanevano a pelle nuda, gli uomini e specialmente le donne, spogliati affatto delle loro vesti, i volatili dalle piume.

Questa stessa tromba, a sua volta, non era se non un episodio del grande movimento ciclonico che quei giorni medesimi (29 e 30 maggio) attraversò una parte considerevole degli Stati Uniti, cioè il Kansas, il Nebraska, lo Iowa, il Missuri. Esso produsse non meno di 13 tornados, ognuno del genere di quello di Delfo e tali che lasciarono e lascieranno triste e formidabile memoria della loro potenza desolatrice.

3. La velocità del vento non varia soltanto da luogo a luogo, ma anche in una stessa località da ora ad ora e da stagione a stagione. Quindi si ha un periodo diurno e un periodo annuo nella variazione di tale velocità. In generale, sì l'uno che l'altro mostrano uno stretto legame fra la velocità del vento e la intensità della radiazione solare, in modo che la massima agitazione dell'aria si avverte in seguito alle ore e alle stagioni calde, la minima in seguito alle ore e alle stagioni fredde. A Milano, per esempio, la velocità del vento, secondo lo Schiaparelli, variò durante il giorno (nel 1880) nel modo seguente (1):

Ore	Velocità in chilom. all'ora	Ore	Velocità in chilom. all'ora
12-1 ant.	4.5	12-1 pom.	6.2
3-4 »	4.2	3-4 »	5.8
6-7 »	3.8	6-7 »	5.0
9-10 »	5.3	9-10 »	4.6

La regola generale tuttavia è che la velocità del vento in media sia massima verso le 2 ore pom., minima alle 3 ant.: però, di consueto, essa presenta un massimo secondario verso mezzanotte e un minimo pur secondario verso le 6 ore pomeridiane. L'ora in cui di consueto la media velocità del vento più si avvicina alla media diurna è quella delle 9 antim. Questo è l'andamento consueto della velocità del vento. Però esso subisce qualche eccezione (1). Così, per esempio, il Ragona trovò che a Modena la massima velocità del vento ha luogo verso le 8 pomeridiane e la minima verso le 8 del mattino, e il Lorenzoni a Padova, rispettivamente verso le 8 pomer. e verso le 9 ant., cioè alcune ore in ritardo rispetto ai momenti del massimo e del minimo termico diurno. Allora a Modena in media raggiunge i 9 chilom. all'ora; nel tempo del minimo appena i 7. In generale poi tutta la valle del Po presenta delle anomalie rispetto a tale variazione diurna, nè le cause loro appariscono bene accertate. Sembra ancora che, a notevole altezza, la velocità del vento sia maggiore nella notte che non nel giorno. Questo almeno sarebbe il risultato delle osservazioni praticate negli elevati osservatori del monte Washington (1916^m) negli Stati Uniti e di Dodabetta (2663^m) nell'Indostan. Anche nelle Alpi si nota un pari spostamento, che presenta altresì una certa analogia colle anomalie avvertite rispetto alla valle padana. Difatti, mentre a Berna, come in generale nelle bassure e nelle vallate, la massima velocità del vento fu registrata fra un'ora e le 2 del pomeriggio, nell'osservatorio posto a 2504^m sulla vetta del Säntis ha luogo fra le 3 e le 4 del mattino. Lo stesso fenomeno fu avvertito alla stazione di Obir (2146^m) in Carinzia.

Sul mare, dove, come sappiamo, anche il periodo diurno della temperatura è poco sensibile, manca quasi affatto anche quello della forza del vento.

Il periodo annuo sempre non è così spiccato come il periodo diurno. In generale, nei nostri paesi, le stagioni della massima velocità del vento sono la primavera e l'estate; quelle della minima l'autunno e l'inverno. Ecco, per esempio, qual'è, nelle due stagioni di Milano e di Modena, la variazione annua di tale velocità espressa in chilometri all'ora (2).

Stagioni	Modena	Milano
Inverno	7.7	3.5
Primavera	9.9	5.9
Estate	8.6	5.9
Autunno	7.8	4.9
Anno	8.5	5.0

(1) *Mediolanum*, 1.°, pag. 39

(1) *Bullettino Assoc. Meteor. ital.*, Serie II., Vol. 1.°, 1880-81, pag. 107 —; Roberto, *Variazioni diurne nella velocità del vento in generale, e in modo speciale nella valle del Po*, nello stesso *Bullett.* Serie II.ª, vol 3.°, 1882-83, pag. 81.

(2) Si noti però che per Milano tali dati riguardano soltanto l'anno 1880.

Digitized by Google

Ma, per esempio, a Vienna, la stagione della massima velocità del vento è l' autunno (8. 4 chil. all'ora); quella della minima la primavera (7.9), mentre inverno ed estate, con valori eguali (8.0), stanno nel mezzo: la media annua è di 8 chilom. all'ora. In Inghilterra invece le stagioni del massimo sono inverno e primavera.

Anche nei singoli mesi v'è una differenza notevole. Così, tanto a Vienna come a Milano, i mesi della minima velocità sono o febbraio o gennaio; ma a Vienna il mese della massima velocità (10.8 chil. all'ora) è novembre; mentre a Milano esso è fra quelli in cui tale elemento s'avvicina al minimo.

Giova finalmente avvertire come la velocità del vento muti sovente soltanto col mutare direzione, talchè il variare delle stagioni ne fa mutare la forza, grazie a un'azione indiretta, vale a dire grazie alle mutazioni che il corso annuo del sole produce nella direzione delle correnti aeree.

4. È troppo noto che la direzione del vento varia da luogo a luogo; come, per uno stesso luogo, varia essa pure colle ore del giorno e col periodo annuo. Tale direzione si esprime a mezzo dei punti cardinali, dai quali proviene il vento medesimo rispetto al centro di un dato orizzonte. Posto ciò, per avere l'idea del regime dei venti in una data località, si registra ad ore determinate (o magari, mediante strumenti registratori, a tutte le ore) la direzione del vento che soffia, quindi si conta in fine della giornata, o in fine del mese o dell'anno, il numero delle volte nelle quali ha soffiato ciascuno dei venti principali. Imperocchè, per quanto l'orizzonte si possa immaginare diviso in un numero infinito di parti, tuttavia, per semplificare lo studio del fenomeno, lo si considera diviso in 8 o tutt' al più in 16 parti, e agli 8 od ai 16 punti principali si riducono per adeguato, tutti i venti che si potrebbero considerare aver spirato dagli spazi intermedi. Del resto, anche mantenendo la suddivisione dell' orizzonte in un gran numero di plaghe, v'è la tendenza ad accrescere il numero delle volte in cui soffia il vento spettante ad uno dei punti principali. Talvolta poi, pur trattandosi dei venti, si fa uso di quella divisione dell'orizzonte in quadranti, della quale demmo un cenno in altra parte dell' opera (1), e quindi intieri gruppi di venti si designano col nome di « venti del 1° o del 2° quadrante » e così di seguito.

Giusta quanto abbiamo detto, non è difficile comprendere il regime dei varî venti in una data località. Per esempio, a Milano, nel 1880, essa sarebbe data dal prospettino seguente, in cui la frequenza del vento è espressa in millesimi (Fig. 462).

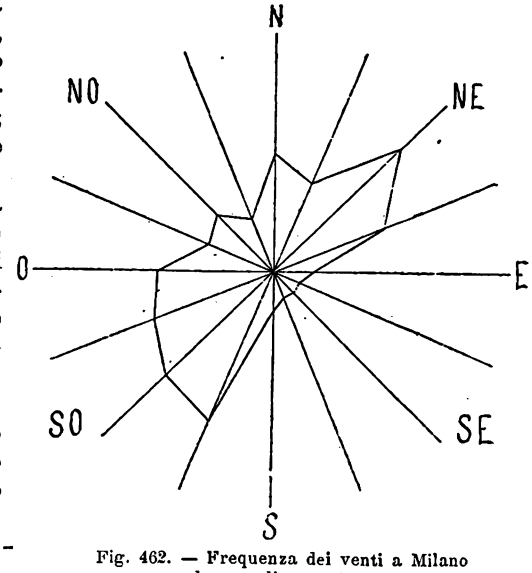


Fig. 462. — Frequenza dei venti a Milano durante l'anno 1880

N.	= 83	E. .	= 28	S. .	= 23	O. .	= 80
NNE	= 67	ESE	= 21	SSO	= 113	ONO	= 48
NE	= 123	SE.	= 20	SO.	= 104	NO.	= 55
ENE	= 83	SSE	= 20	OSO	= 89	NNO	= 40

Il quale prospetto verrebbe a dirci che il vento dominante a Milano, nel 1880, fu il NE, poscia il SSO e il SO. Rari i venti del 2° e poco più frequenti i venti del 4° quadrante.

Un' occhiata alla distribuzione del vento per mese ci mostrerebbe che le medesime correnti predominano lungo tutto l'anno, però in modo che nei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio i venti di SO preponderano su quelli di NE; in marzo questi ultimi addirittura soverchiano e son pure preponderanti in agosto, settembre ed ottobre.

Per Venezia (Fig. 463) si posseggono le osservazioni di 22 anni (1856-1877) e da esse ricaviamo questa frequenza media dei venti, sempre ridotta a millesimi (1):

N.	= 77	E	= 69	S	= 72	O	= 16
NNE	= 92	ESE	= 58	SSO	= 43	ONO	= 19
NE	= 134	SE	= 72	SO	= 52	NO	= 52
ENE	= 88	SSE	= 65	OSO	= 37	ONO	= 49

(1) Vedi a pag. 202.

(1) Tomo M., *Confini, posiz. geogr. e clima di Venezia*, ecc. Venezia, Antonelli, 1880-81, pag. 23.

Digitized by Google

La tabella precedente ci fa vedere che i venti del 1° quadrante, e specialmente il NE, sono senza confronto predominanti a Venezia, e dopo quelli, però più rimessamente, i venti del 2° quadrante. La minima frequenza spetta all'O. ed ai venti ad esso immediata-

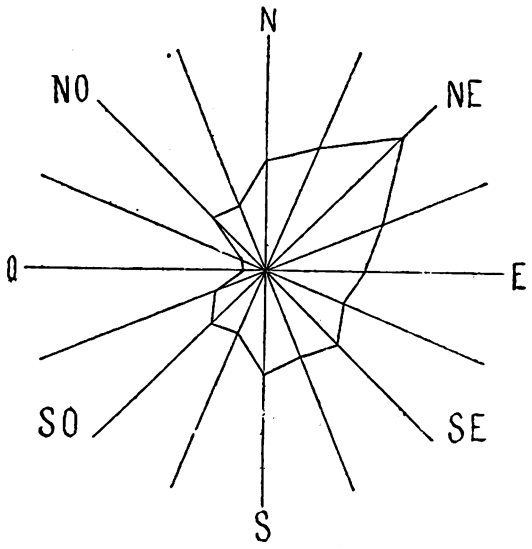


Fig. 463. — Media frequenza dei venti a Venezia durante il periodo 1856-1877.

mente contermini. Se i limiti ristretti concessi alla presente trattazione ce lo permettessero, si potrebbe passare in rassegna le medie mensili e allora si vedrebbe che a Venezia i venti del 1° quadrante predominano specialmente nei mesi dell'inverno, cioè da novembre a marzo, nella qual epoca dan posto ai venti del 2° quadrante, che dominano nella primavera, nell'estate e nei primi mesi autunnali. Nei mesi estivi e in ottobre sono abbastanza frequenti anche il vento di sud e i suoi contermini, come anche in novembre, gennaio e febbraio quelli di nord ed i contermini.

Nella determinazione dei venti dominanti in certe località, giova por mente agli ostacoli naturali od artificiali che impediscono l'azione di un dato vento o ne producono dei rimbalzi. Così, per esempio, mentre nella regione friulana i venti dominanti, come a Venezia, son quelli del 1° quadrante e specialmente il NE, a Tolmezzo questo vento non si fa sentire affatto. Nel 1874-75, si segnalò uno od un altro dei venti 417 volte, e durante tale periodo il NE non spirò una sola volta, l'ENE *una* volta e il NNE 3 volte (1).

(1) Marinelli, *Le stazioni meteoriche di Tolmezzo e di Pontebba nell'anno meteor.* 1874-75, Udine, Seitz, 1876, pag. 77.

Anche il periodo diurno dei venti è assai notevole. Così, per esempio, a Venezia si avverte che alle 6 antim. il vento di NE domina in tutte le stagioni; alle 9 antim. esso domina solo durante i mesi freddi, ma nei caldi cede il posto all'E; a mezzogiorno, e nel pomeriggio, cioè alle 3, alle 6 e alle 9 pomer. nei mesi da ottobre a marzo predominano i venti di NE e di E; da marzo ad ottobre il SE e il S; venti che nelle stagioni calde sono vere brezze di mare richiamate dalla pianura e dalle vallate venete, e in generale dalla pianura padana.

A Milano invece il movimento diurno dei venti si può riassumere dicendo che nelle ore più fredde della giornata si ha maggiore frequenza di venti alpini fra O e NNE, che non nelle ore più calde, durante la quale il predominio del SO e del NE è quasi assoluto.

Le due stazioni ora accennate mostrano un andamento dei venti in complesso non molto spiccato: anzi tale, pel quale è mestieri di un occhio attento e di lunghe osservazioni perchè venga avvertito.

Però vi sono regioni sul globo nelle quali esso è assai più deciso, vale a dire dove un determinato vento ha tale prevalenza sugli altri, da poter permettere l'asserto che, o durante tutto l'anno o almeno durante una sua parte, esso regni in via esclusiva. Questa condizione di cose genera la distinzione dei venti in *costanti* e *periodici*, ai quali si può anche aggiungere quella dei venti semplicemente *predominanti* in certe stagioni.

Dei venti costanti, che corrispondono agli *alisei* e ai *contralisei*, e delle regioni terrestri dove hanno dominio, verrà detto nel capitolo seguente.

Quanto ai venti *periodici*, la loro origine si può in generale riconoscere nella distribuzione delle terre e delle acque sul globo, e nel loro modo diverso di riscaldarsi e di raffreddarsi sotto l'influenza dell'insolazione diurna o dell'irradiazione notturna e anche, fino ad un certo punto, sotto quella delle varie stagioni

La forma più semplice della periodicità dei venti è quella che si svolge durante il moto diurno della Terra. Sulle coste di buona parte dei continenti e di moltissime isole si nota una vicenda regolare, un'alternanza periodica esatta nella direzione e sovente nella forza del vento. Cioè, quasi dovunque si avverte che il vento dominante al mattino proviene dal mare; quello dominante sulla sera o nella notte proviene dalla terra: d'onde la denominazione,

Digitized by Google

ormai entrata nel dominio comune, di *brezze di mare* e *di terra*. La origine di questa alternanza sta in ciò che durante il giorno, non appena il sole è alzato sull'orizzonte, la terra ne subisce rapidamente gli effetti e, riscaldandosi, riscalda per contatto l'aria che le sovrincombe, determinando così la formazione di una corrente ascendente. Altrettanto rapido non è il riscaldamento della superficie marina, sì perchè l'acqua è diatermana, come perchè l'evaporazione a cui sono esposte le sue parti superficiali sottrae parte del calore ch' essa verrebbe ad assumere. Quindi nelle ore in cui sopra la terra già incombe una massa d'aria calda, sopra il mare giace una colonna d'aria fresca, come quella alla quale molto lentamente viene trasmesso il calore, lentamente accumulato dall'acqua. Per cui, nelle ore calde del giorno, ne avverrà necessariamente una corrente orizzontale dal mare verso la terra, cioè dal punto dove l'aria è più fresca e più pesante a quello dov'è più calda e più leggiera. Cominciata nelle ultime ore antimeridiane, tale corrente aerea rinforzerà gradatamente nelle ore pomeridiane per calare verso la sera.

Ma nella notte la terra irradia, com'è noto, più rapidamente e più fortemente del mare; per cui la sua temperatura prestamente s'abbassa: le masse aereeraffreddate si condensano e calano pesanti presso la superficie del suolo. Il mare invece, come lentamente s' è riscaldato, lentamente si raffredda, e anche molto tempo dopo il tramonto del sole continua a trasmettere all'aria soprastante il calore assorbito; talchè questa sarà tiepida e leggera nelle ore notturne, quando cioè l'aria di terra sarà già diventata, come vedemmo, fredda e pesante. D'onde una corrente aerea notturna dalla terra al mare.

Che la origine delle brezze risieda in tale diverso riscaldamento della terra e dell'acqua sotto l' influenza dell' insolazione, non vi può essere dubbio alcuno. Essa può dedursi dal fatto che nei giorni sereni e caldi il fenomeno si manifesta più netto e spiccato che mai; dalla regolarità oraria secondo cui esso ha luogo; finalmente dalle stesse località dove le brezze succedono.

Son note le brezze dell'isola di Giava, descritte così poeticamente dal Janson (1). La brezza mattinale si manifesta ad ora esatta, tanto che è in relazione ad essa il destarsi della vita e dell'attività animale e sociale. A Valparaiso, sulle coste dell'America meridionale, durante la stagione secca, l'aria, stata calma per tutta la notte e sul primo mattino, verso le 10 ore antimer. si mette in movimento; dalle 3 alle 4 pomer. sorge una brezza di SO colla forza di un colpo di vento, tanto da impedire ogni comunicazione fra terra e mare; alle 6 della sera, dopo aver attinta la massima violenza, si calma ad un tratto. Nelle regioni della Plata le brezze hanno ricevuto il nome di *virazones* (girazioni), e a Lisbona quello di *viento roteiro*, tanto è la regolarità colla quale si avvicendano durante la giornata. « A Tahiti la loro puntualità è tale » soggiunge il Réclus (1) « che una nave potrebbe in varie notti consecutive compiere l'intero giro dell'isola, avendo costantemente il vento in poppa».

Le regioni predilette delle brezze sono quelle poste fra i tropici; le isole della Sonda, le coste dell'Africa e dell'America Meridionale. Però anche in quelle stesse località esse vi sono dissimulate sotto il predominio di altri venti o costanti o a periodo più lungo delle brezze, quali sarebbero i monsoni. Così, per esempio, a Rio Janeiro la brezza di mare consiste in un rinforzamento dell' aliseo, che vi domina regolarmente tutto l' anno. Se il vento dominante invece è contrario alla direzione della brezza, questa non si manifesta se non a mezzo di un rallentamento della sua forza.

Fuori della zona torrida le brezze si segnalarono in molte località dell'emisfero settentrionale, specialmente durante le stagioni calde. Così si avvertirono a Teneriffa, a Tunisi, sulle coste d'Italia, nell'isola di Candia ed altrove. Nelle stesse regioni più settentrionali della Groenlandia e della Russia si notò una tendenza dei venti a moversi perpendicolarmente alla costa, di preferenza il giorno a confronto della notte.

Nell'Adriatico, nelle giornate serene e calde, si manifesta una corrente a raggi diretta verso le varie costiere ad est, ad ovest, a nord; e l'inverso succede durante la notte. A Venezia tale alternanza si fa manifesta a chi esamini attentamente le variazioni orarie del vento. Nei mesi caldi, al mattino prevalgono, come vedemmo, i venti di N. e di NE, che son venti di terra o sono semplicemente i venti dominanti della stagione; ma verso mezzogiorno e fino alle 6 della sera e talvolta anche dopo,

(1) MAURY. *Geogr. phys. de la Mer*, G. 228 e seg., pag. 138 dell'ediz. franc.

(1) *La Terre*, 2.°, pag. 316.

Digitized by Google

prevale il SE o il S, che son venti di mare. Nei mesi d'inverno tale vicenda non esiste.

Le brezze non si dirigono però costantemente verso la costa con direzione normale alla medesima; anzi è stato avvertito come ci sia in esse una tendenza ad obliquare rispetto alla direzione delle rive. Secondo il Mohn, la causa di questo fatto risiede nella rotazione terrestre, per cui nell'emisfero settentrionale il vento marino volgesi a diritta e soffia quindi in modo che la terra trovisi alla sua sinistra. Analogamente anche il vento di terra volgesi a diritta e soffia quindi in modo che la terra trovisi alla sua destra. Questo ragionamento, per noi almeno, può valere nei casi in cui la spiaggia corra nel senso dei paralleli o poco diverga da tale direzione: negli altri casi la deviazione non può essere originata da tale causa, almeno in via diretta, vale a dire salvochè sulle brezze non eserciti un'azione la tendenza generale delle correnti aeree dirette secondo i meridiani, di deviare cioè verso destra del loro stesso movimento.

L'azione del richiamo, pel quale sulla terra precipita l'aria marina, si fa sentire ben lontano sul mare; talvolta qualche dozzina, talaltra un centinaio di chilometri: essa però domina generalmente lungo le coste e in una zona poco larga che le segue. Parimenti si crede che lo strato d'aria, da loro messo in movimento, non presenti uno spessore molto grande. Recenti esperienze praticate a Coney-Island, presso New-Jork, con un « ballon captif » mostrarono che la brezza di mare del pomeriggio s'alza fino a 150^m o 200^m di altezza verticale o poco appresso, mentre lo strato aereo che costituisce la brezza di terra ha il suo limite inferiore fra 150 e 210^m e il superiore fra 150 e 330 metri (1).

Nell'interno delle terre, e a seconda delle circostanze morfologiche e specialmente orografiche, avviene che le brezze di mare tanto si smorzino poco lungi dalle coste, quanto che s'inoltrino d'assai nel continente. In generale tutte le vallate alpine, anche se lontane dal mare, sulle ultime ore del mattino sono risalite da correnti che per la loro direzione e per altre circostanze presentano i caratteri della brezza di mare; nella sera, durante la notte e nelle prime ore del mattino, il vento che le percorre è discendente, cioè si presenta quale brezza di terra.

Questo fenomeno, per esempio, si presenta cospicuo nelle vallate carniche solcate dal Tagliamento e dai suoi affluenti, dove la brezza, che nei mesi caldi e nelle giornate serene risale le vallate, sorge per le varie località con una esattezza oraria assai notevole, oscillando solo tra valle e valle, o tra parte e parte delle valli, fra le $9^1/_2$ del mattino e il mezzogiorno, e cessando fra le 5 e le 7 pomeridiane, almeno nei mesi di agosto e di settembre, come potemmo avvertire per nostra personale esperienza. In questo caso, la provenienza probabilmente marina del vento del mattino, del meriggio e del pomeriggio, ci verrebbe indicata anche dal fatto che ad Udine, città posta nel mezzo della pianura friulana, a circa 30 chilometri tanto dal mare, quanto dagli sbocchi delle vallate carniche, durante i mesi estivi venne segnalata appunto una mutazione del vento in perfetta relazione colla vicenda ora accennata. Poichè, durante il più volte citato quarantennio (1803-1842) di osservazioni, si avvertì che alle 6 e tra le 8 e le $9^1/_2$ del mattino, durante tutto l'anno, il vento dominante è il N o l'E; il quale ultimo durante i mesi invernali perdura anche alle $2^1/_2$ del pomeriggio e al tramonto del sole; ma durante i mesi estivi, quasi immancabilmente, nelle prime ore del pomeriggio, esso è sostituito dal vento di S., talvolta esclusivo, talaltra alternato coll'E. Ora il vento di S. ad Udine è un vento che viene direttamente dal mare. L'esame del movimento diurno dei venti praticato anche in altre stazioni della stessa regione, a Tolmezzo, a Pontebba, a S. Martino al Tagliamento, a Gorizia, conferma tale deduzione alla quale noi siamo venuti fin dal 1876 (1).

Giova però riconoscere che non sempre i venti periodici che spirano nelle valli montane debbono essere giudicati brezze di terra o di mare, quantunque in qualche caso siano da queste rinforzati. Una vicenda analoga a quella del mare e della terra si alterna fra pianura e montagna. Il sole riscalda egualmente i pendii delle montagne, come il suolo quasi orizzontale del bassopiano o delle vallate, poichè l'anticipazione di pochi minuti nell'esserne illuminati esercita un'azione trascurabile. Ma gli strati d'aria aderenti ai pendii montuosi riscaldandosi, come quelli sovrastanti alla pianura, per contatto, vengono ad assumere una temperatura più alta di quella che non assumono di questi ultimi gli strati che son posti allo stesso loro livello.

(1) SUPAN, *Grundzüge*, pag. 83.

(1) Cnfr. MARINELLI, *Le staz. meteor. di Tolmezzo e di Pontebba*, ecc., già citato; pag. 68 e seg.

Digitized by Google

Onde nelle ore calde del giorno avrà luogo la formazione di una corrente inferiore dalla pianura o da valle a monte, che potrà forse esser compensata da una corrente superiore da monte a valle. Caduto il sole, le masse della montagna si raffreddano più rapidamente della pianura sì per la superficie irradiante maggiore, sì per esser immersi in un' aria più rarefatta ed anche più fredda. Allora si avrà una caduta d'aria da monte a valle o verso la pianura.

La spiegazione del perchè il vento della pianura si move verso la montagna, strisciando lungo le valli o i pendii di questa, è dato dalla seguente figura (Fig. 464) che togliamo dall'Hann (1).

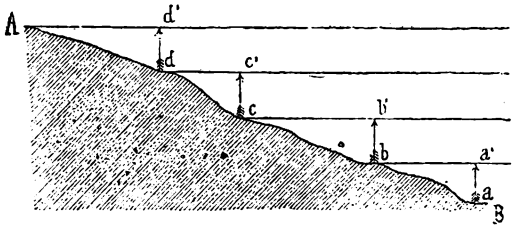


Fig. 464. — Le brezze di monte e di valle.

Sia AB un pendio montuoso, *a*, *b*, *c*, *d* altrettanti punti posti sullo stesso. Supponiamo che sul finire della notte si abbia perfetto equilibrio nell'aria sopra tutto il pendio, per cui lungo le linee orizzontali si verrà ad avere eguale pressione d'aria. Sorto il sole, l'equilibrio verrà necessariamente rotto; imperocchè l'aria riscaldata, per esempio, in *a* tenderà ad espandersi, cioè a salire verso *a'*, dove la pressione atmosferica verrà ad accrescersi, mentre rimarrà costante in *b* posto sulla stessa orizzontale. Lo stesso dicasi per la colonna d'aria *b b'* e per le altre. Le superficie di eguale pressione non saranno più dunque orizzontali, ma pendenti verso la montagna, verso la quale tenderanno a muoversi. Aggiungasi la predetta differenza di riscaldamento, per la quale, allo stesso livello, l'aria della montagna sarà più calda di quella della pianura e si comprenderà come le due forze unite debbano produrre un vento che dal basso deve salire all'alto, strisciando lungo il pendio della montagna.

Oltre le brezze di terra e di mare, abbiamo adunque i venti di *valle* e di *monte*, o *diurni* e *notturni*, (tagwinden, nachtwinden), come ama chiamarli l' Hann. Essi si notano sulle Alpi, sull'Imálaia, nel Caracorum e in quasi tutte le catene di montagne dove si estese l'osservazione. Notevoli son quelli che si notano lungo tutti i pendii alpini, e specialmente nella zona dei laghi della Lombardia. Sul lago di Como la brezza della pianura corrisponde al nome di *breva*, e, secondo le varie località, s'alza tra le 8 e le 11 del mattino: mentre il *tivano*, vento di tramontana, che, quando spira con maggior forza, assume il nome onomatopeico di *vento* e corrisponde alla brezza di monte, sorge al cadere del sole e dura di consueto tutta notte. Speciali condizioni di piovosità o la formazione di burrasche o di nevicate locali alterano la regolare vicenda dei due venti, sui quali hanno azione altresì le minori attrazioni delle vallate laterali, dove si formano delle brezze parziali. Il *tivano* e la *breva* s'estendono coi loro effetti ben oltre i limiti del lago di Como. Il primo specialmente si fa sentire anche sulle mutazioni orarie del regime dei venti a Milano stessa, cioè in piena pianura lombarda.

Sul lago di Garda dominano di consueto tre venti: la *vinessa* (da Venezia) o vento di est; l'*ora*, che va da mezzogiorno a settentrione; il *sover* (o *superus*, vento discendente), che va da settentrione a mezzogiorno. L'*ora*, così chiamata dalla puntualità colla quale si manifesta e detta anche *ander* (da *andare*) dagli abitanti della riviera meridionale, perchè favorevole alla partenza, sorge alquanto prima di mezzogiorno e soffia sino a sera (1), talvolta anche mantenendosi nelle prime ore della notte: il *sover*, che gli abitanti di Torbole chiaman anche *paesano*, spira dalla mezzanotte al mezzogiorno.

L'*ora*, che assume talvolta una particolare violenza pericolosa nelle parti più meridionali del lago, non si limita ad esso; ma si sente anche nella vicina valle dell'Adige; per esempio ad Ala.

Perfettamente analoghi a questi sono l'*inverna* e la *tramontana* del lago Maggiore; la *breva* e la *tramontana* del lago di Lugano; l' *oberwind* e l'*unterwind* dei laghi dell'Alta Austria; l'*Erler wind* della valle dell'Inn, a nord di Kufstein; il *Wisper wind* della valle del Reno; i *pontias*, *rebas*, *aloups de vent* delle Alpi francesi.

Fra questi ultimi il Réclus (2) descrive lo scambio d'aria che ha luogo nelle valli della Savoia, dove, se nessuno accidente turba le

(1) *Klimat.*, pag. 202.

(1) Secondo gli scrittori locali; secondo l'Hann, (*Klimatol.*, pag. 199) dalle 10 $^1/_2$ ant alle 3 pomeridiane.

(2) *La Terra*, 2.° pag. 318.

Digitized by Google

condizioni normali dell'atmosfera, si formano tre principali correnti aeree: quelle del Faucigny, della Tarantasia e della Moriena. La prima risale la valle dell' Arve, da Ginevra al monte Bianco; la seconda quella dell'Isére e del Doron, suo tributario; la terza finalmente risale e discende alternativamente tutta la valle dell'Orc, verso il Cenisio, e il passo dell'Iseran. Di consueto, il vento ascendente comincia verso le 10 del mattino nella valle della Savoia, e il vento discendente rifluisce diretto alla pianura alle 9 della sera, perdura tutta notte, anzi in qualche luogo lo si chiama *matiniére*, perchè si fa sentire nelle prime ore del mattino.

La direzione delle brezze resta modificata dalla figura delle vallate. La maggior violenza o la prevalenza con cui soffia uno o l'altro dei due venti si può dedurre dalla inclinazione che sovente presentano i tronchi degli alberi nelle vallate. Ma bisogna però in tali casi badare che la violenza della brezza non provenga dal coincidere colle correnti generali predominanti in una data regione. Quest' è, ad esempio, il caso di molte delle vallate alpine meridionali, dove appunto si vedono sovente gli alberi pendenti da valle a monte, specialmente se le vallate si aprono verso sud o sud-est o sud-ovest, e nelle Alpi orientali, verso est.

La forma delle vallate influisce altresì sulla velocità del vento, che diventa massima nelle forre strette e s'addolcisce nelle valli larghe. Non è comune che la brezza trapassi da una vallata all'altra superando le selle; però questo succede talvolta, com' è il caso, da noi stessi osservato, della brezza del Tagliamento, che risalendo la valle del Degano, affluente di quel fiume, arriva alla sella di Cima Sappada, prima che vi arrivi la brezza del Piave, che deve percorrere un cammino più lungo e più tortuoso. Quindi quella prima, sormontata la sella, penetra nella valle del Piave, dove, nel dialetto tedesco di Sappada, assume la denominazione di *ausserwind* (o *vento esterno*) e soffia dalle 11 alle 3 pomeridiane.

Finalmente, per esaurire questo soggetto, accenneremo ad un altro genere di periodicità che si forma nelle correnti aeree durante il giorno e che proviene dal riscaldamento successivo e diverso che i raggi del sole producono, man mano che questo sorge, culmina e tramonta per un dato orizzonte. Secondo molte osservazioni fatte, sembrerebbe che l'aria rarefatta a levante, al mattino, espandendosi, si rovesciasse verso ponente, a mezzogiorno verso settentrione, sulla sera verso levante. Da ciò una rotazione diurna dei venti, che si notò in moltissime località, tanto da giudicarla quasi una norma generale, e di cui un esempio viene offerto dalle *solaures* (solis aura) della regione appartenente al dipartimento francese de la Drôme.

5. Una alternativa non molto diversa da quella delle brezze di terra e di mare, come questa cioè proveniente dall' azione del moto del sole combinata colla diversa distribuzione dei continenti e degli oceani sul globo, è quella dei *monsoni* o *mussoni*. Il loro stesso nome, che proviene dall'antico arabico *mausim* o dal malese *mousim*, cioè *stagione*, indica che il loro periodo è ben più lungo di quello delle brezze giornaliere.

I monsoni si notano su tutto il globo, cioè dovunque si formano dei focolari di attrazione dei venti, grazie ad un riscaldamento delle distese continentali diverso da stagione a stagione. In generale, quindi, essi sono deviazioni e talvolta inversioni locali delle grandi correnti aeree generali e costanti.

Di tal genere sarebbero i venti che da giugno e settembre soffiano nella direzione del SO o dell'OSO, dall' Atlantico verso le coste della Guinea settentrionale, grazie al forte riscaldamento che allora subisce tutta la zona desertica del Sahara, e che riesce a vincere gli alisei del NE e a deviare nella direzione indicata gli alisei del SE. Ed analoghi movimenti aerei si avrebbero sulle coste del Chilì, della California e del Messico, nella N. Granata, nella Patagonia, nel Marocco ed altrove. Nell'Australia settentrionale e sino a 18° di latitudine meridionale i venti costanti sono gli alisei regolari di SE; senonchè da novembre a febbraio essi vengono sostituiti dal monsone del NO, richiamatovi dalla stagione calda che allora domina sulle parti meridionali di quel continente. Anche il Mediterraneo ha i suoi monsoni, noti fino dall' antichità sotto i nomi di venti *etesî*, così chiamati dal greco *etos*, anno o stagione. Però le mille accidentalità di questo mare ne rendono pure complesso il regime delle correnti atmosferiche, nè facile a riassumersi come quelli che dominano sugli oceani aperti.

Giusta gli studî del Fischer (1), l'origine dei venti etesî è sempre il Sahara, il quale è regione asciutta e priva di pioggie lungo

(1) *Studien über das Klima der Mittelmeerländer*, Gotha. Perthes, 1879, pag. 18 e seg.; — Hugues, *Geogr. fisica*, pag. 242.

Digitized by Google

tutto l'anno e quindi esposto nell'estate ad una potentissima insolazione. Nella valle del Nilo gli antichi asserivano che gli etesî soffiavano nell'estate incessantemente per 40 giorni da N. a S.; anzi Talete ed altri filosofi attribuivano alla loro azione la causa principale dell'escrescenze di quel fiume. Gli etesî in generale soffiano con cielo quasi costantemente sereno da giugno a settembre, specialmente nel bacino orientale del Mediterraneo, dove hanno carattere di venti di N., e spingono la loro origine più a tramontana che non nel bacino occidentale, forse a motivo del contrasto fra le masse aeree più fresche, che sovrincombono al mar Nero con quelle più calde del mare del Levante, contrasto combinato coll'azione degli ardenti altopiani dell'Anatolia. Nell'Arcipelago gli etesî soffiano 40 giorni consecutivi da NE, da N ed anche da NO, e con tale regolarità e costanza da giovare notevolmente alla navigazione locale. A Costantinopoli, dove spirano da maggio a settembre, e ad Atene (da luglio a settembre) hanno direzione da greco a libeccio; a Corfù (da aprile a settembre) da maestro e scirocco.

Ma i monsoni più celebri e più studiati, noti già all'antichità sotto il nome di *venti d'Ippalo* (1) e utilizzati dai navigatori arabi del Medio Evo, son quelli dell'oceano Indiano. Questo oceano si trova per la maggior parte disteso nella zona degli alisei di NE e di SE. Senonchè, nella sua parte settentrionale avviene che, mentre dall'ottobre all'aprile spira costante l'aliseo del NE, nella metà dell'anno che corre dall'ottobre all'aprile gli succeda regolarmente un vento di SO. Questo vento però si limita allo scambio fra l'Africa da un lato e l'Indostan dall'altro, poichè, cominciando da Sumatra e proseguendo a ponente per le isole della Sonda fino alle N. Ebridi e all'isola Salomone, il vento dominante in tale stagione è il monsone di maestro (NO).

La causa efficiente del monsone classico dell'Indiano occidentale, vento così utile alla navigazione fra l'India da un lato e l'Africa dall'altro, già dal Kant (2) era stata intravveduta nel diverso riscaldamento subìto dai continenti e dal mare nelle diverse stagioni. Difatti l'aspirazione che esercitano gli altipiani asiatici, riscaldati dalla insolazione estiva durante la declinazione boreale del sole, sopra le più fresche masse aeree sovrincombenti all'oceano Indiano, non può a meno di determinare una tendenza generale in queste ad accorrere verso le coste dell'Asia. Siffatta tendenza poi è tanto gagliarda da vincere e da sopprimere gli alisei di NE e da determinare una deviazione e un prolungamento negli alisei di SE che, così modificati, traversano l'Indiano e raggiungono le coste dell'Africa sotto forma di venti meridionali, con prevalenza della direzione SO-NE. E che questa sia soltanto la direzione prevalente, ma non la esclusiva, risulta dal fatto che nella valle dell'Indo e dell'Iravaddi il monsone è vento di S, nel fondo del Bengala e a Siam varia da SE al NO, e quale vento di SO soffia specialmente sulle coste del Malabar, sicche forse si può dire che la sua direzione sia quasi normale a quella delle coste.

Allorchè il sole nell'estate, ripassata la linea, assume declinazione australe, allora la maggiore efficacia dei suoi raggi si concentra nelle regioni meridionali e specialmente sui continenti dell'Australia e dell'Africa. L'aspirazione esercitata dal continente australe allora è sufficiente a determinare la formazione del menzionato monsone di NO, quella esercitata dall'Africa basta a sua volta a ristabilire sull'Indiano il regolare andamento dei venti, cioè il dominio degli alisei di NE e di SE.

Il monsone e specialmente quello di SO, vento caldo ed umido, arriva sulle coste del Malabar apportatore di pioggie torrenziali, che si rinnovano altresì sulle pendici dell'Imàlaia e delle montagne spettanti alla penisola transgangetica. Ma esso non oltrepassa tali limiti, o, se lo fa, oltre l'Imálaia apparisce come vento asciutto. Anzi è singolare che, mentre esso soffia dal SO e determina una stagione di piogge dirotte lungo la catena dei Gati occidentali e sulle coste del Malabar, lungo quelle del Coromandel regni la stagione asciutta e un perfetto sereno. Questo proviene dallo spessore limitato che occupa lo strato aereo mosso dal monsone e probabilmente non superiore ai 2000 o 2500^{m}. Lo studio del movimento dei cirri ha poi mostrato che al disopra del monsone, vero vento di mare, esiste una corrente che perdura a 5000 a 6000^{m}, ed oltre ancora, e che si manifesta come vento asciutto. Tale vento è semplicemente il contraliseo di SO, che mantiene tutto l'anno la medesima direzione.

Lo stesso contrasto di correnti fu avvertito dalla osservazione delle colonne di fumo dei

(1) HUMBOLDT, *Cosmos*, 2.°, pag. 161.
(2) *Geogr. fisica*, vol. 6.°, pag. 57.

Digitized by Google

vulcani della Sonda, ed esso corrisponde esattamente colla teoria generale dei venti, di cui si dirà in appresso.

6. Fra i venti periodici e anche fra quelli ai quali, non potendosi assegnare veruna accertata periodicità, si dà il nome di *accidentali*, ve n'è alcuno che presenta delle caratteristiche speciali, di ordine climatologico e anche talvolta fisiologico, tali da renderne opportuna una speciale considerazione. Fra tali venti, che si chiaman *locali* e che forse meglio si meriterebbero il nome di *speciali*, alcuni sono noti e celebrati da epoca remotissima.

Di tal genere, ad esempio, sarebbe il *simun* o *samum* o *saimun*, il cui nome sembra significhi *avvelenato*, mentre in Egitto assume quello di *chamsin* o *cinquanta*, forse perchè soffia per un analogo numero di giorni (1). Suo dominio principale è il Sahara ed è notevole per l'altissima temperatura che possiede e che fa alzare sovente i termometri a 45, a 50° e più gradi, e per la copia di granuli di sabbia desertica che trasporta seco. Lo accompagnano quindi un cerchio di nebbie secche, le quali intorbidano l'orizzonte e gli fanno assumere una tinta triste, violacea dapprima, poi quasi plumbea; ond'è che il sole, senza perdere per nulla del suo calore, anzi accrescendolo a più doppi, assume un aspetto velato e pauroso. Uomini, animali e piante ne soffrono, sia a motivo dell'alta temperatura e della violenza, come a motivo dell'estrema secchezza per cui si contraddistingue. Le piante tutte e specialmente le erbacee, per poco ch'esso perduri, s'inaridiscono e muoiono. Le particelle sabbiose ch'esso trasporta seco costituiscono una delle prime cause

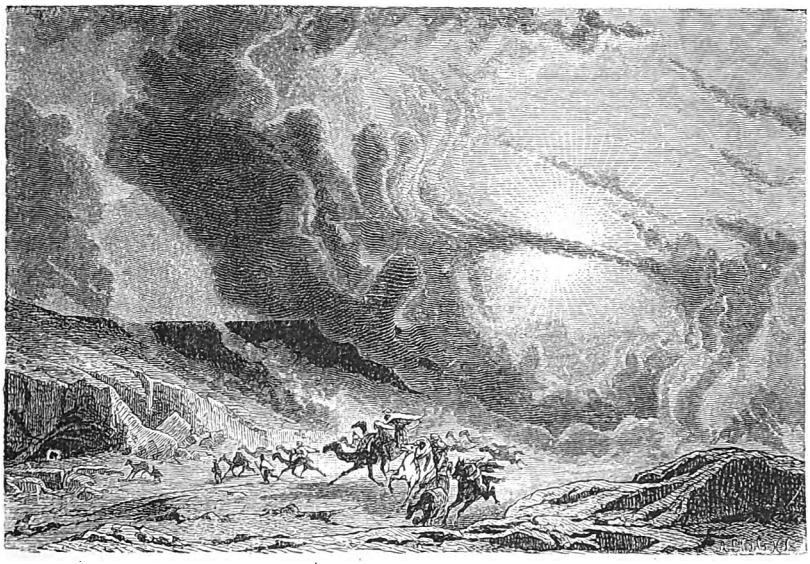


Fig. 465. — Il samum nel deserto.

delle oftalmie così comuni in Egitto e così funeste.

Ma il samum esercita potenti effetti anche colla sua potenza meccanica. Non alludiamo tanto alle bufere di sabbia (Fig. 465) ch'esso talora solleva e che formerebbero una cronaca funesta, cominciando da quella che distrusse l'esercito di Cambise e andando a quella del 1805, che si vuole abbia sepolto una carovana intera, colla morte di 2000 persone e di 1800 camelli (1); quanto all'azione giornaliera ch'esso esercita spingendo le sabbie del deserto, a cui cambia continuamente aspetto coll'incessante rotolio delle dune.

Il samum fa sentire i suoi effetti all'infuori del deserto. Così nella Tunisia meridionale e nell'Algeria domina sotto il nome di *scili*, più a settentrione detto *guebli* o *gebli*, o *rih'-el-*

(1) Cfr. in proposito a questi venti di provenienza saharica: FISCHER, *Studien über das Klima der Mittelmeerländer*, ecc., pag. 36, 37: — DUVEYRIER, *Hauts plateaux et Sahara de l'Algérie occid.* in *Bullet. de la Soc. de Géogr.*, Paris, 1874. I., 1-3-147; 240-257; — PERPETUA G., *Geografia della Tunisia*. Torino, Paravia. 1882, pag. 32; — ZÜNDEL, *Land und Volk der Euer auf der Sclavenküste in Westafrika* in *Zeischrift für Erdkunde*, 1877, pag. 380 e 381; — HUGUES, *geogr. fis.*, pag. 245; — FLAMMARION, *L'atmosf.*, pag. 533 e seg.

(1) FLAMMARION, *L'atmosfera*, pag. 536.

Digitized by Google

jobli, vento secco, che dura da 3 a 7 giorni e che soffia da sud, tutto diseccando ed inaridendo. È noto il suo protendersi fino in Sicilia e in Sardegna, col nome complessivo di *sirocco*, sotto il quale si comprendono specialmente i venti caldi del 3° quadrante e più degli altri il SO, e del 2° quadrante quelli di SE e di SSE, e se ne conosce la influenza sul clima locale e sull'organismo animale. Una accentuata descrizione della comparsa del sirocco a Palermo, fatta dal Brydone verso la metà del secolo scorso e riportata dal Kant (1), mostra, non foss'altro, la sinistra impressione, che ne aveva avuto il viaggiatore inglese. La temperatura all'ombra, in tale occasione, era ascesa a 43 e anche a 44° del centigrado (110 a 112° di Farenheit). Anche le osservazioni più recenti e meglio condotte mostrano l'efficacia termica del sirocco, che a Palermo può far ascendere la temperatura fino 24° del centigrado in gennaio, fino a 26.°1 in dicembre e fino a 40.4 in luglio, come avvenne rispettivamente nel 1867, nel 1874 e nel 1866 (2). In genere poi, sotto l'influsso di tali venti, la temperatura per parecchi giorni riesce più alta e la pressione più bassa, mentre sovente le burrasche colle quali essi arrivano sono seguite da caduta di polveri meteoriche. La velocità del sirocco a Palermo, sempre ragguardevole, talvolta sale a 40 e anche a 50 chilom. all'ora, valore notevolissimo; anzi, per dire di un solo esempio, il 14 maggio del 1876 raggiunse quella di 69 chilom. all'ora; mentre il termometro quel giorno medesimo saliva a ben 35°3 del centigrado.

Analoghi, e per la provenienza e per gli effetti, al sirocco della Sicilia sono: il *leveche* delle coste meridionali della Spagna, così funesto alle viti, che distrugge come se vi si versasse sopra dell'acqua bollente, così frequente ad Almeria e in genere esteso dal capo Gata al capo Nao e assai di rado diffuso al di qua di Malaga ed oltre a 60 o 70 chilom. dalla costa; e il *leste* o *l'este* dell'isola di Madera, vento, che, come ne indica il nome, soffia da levante; mentre più somigliante al samum proprio è l'*harmattan* delle coste della Guinea settentrionale e specialmente del tratto interposto fra il capo Verde e il capo Lopez e fino alla Costa d'Oro. L'harmattan vi soffia di preferenza da dicembre a febbraio, a periodi da 2 a 3 giorni od anche da 5 a 6, con direzione varia tra il SSE e il NE, prevalendo quest'ultima. Anche questo vento, come il samum, trasporta seco quantità enorme di sabbia, che si diffonde in forma di fitta nebbia e che si deposita con uno strato biancastro sopra tutti gli oggetti. La nebbia cessa avvicinandosi al mare, anche se l'harmattan vi si spinga con tutta la sua forza, la quale in genere non è molto grande ed è inferiore a quella del samum. L'effetto principale che produce questo vento è sempre un'estrema aridità, per cui le piante muoiono, gli oggetti di pelle si accartocciano, i mobili si fendono, la cute delle labbra, della faccia e delle mani si salva a mala pena dalle screpolature, soltanto usando la precauzione di ungerla col sego. Secondo alcuni, per esempio lo Zündel, l'harmattan è giudicato assai pernicioso alla salute dell'uomo, mentre il Flammarion (1) pronuncia un giudizio opposto, avvertendo anzi che col suo comparire cessano le febbri intermittenti e gli abitanti estenuati sì da quelle, come dal frequente uso dei salassi, si sentono ristabiliti.

Una grande analogia coi citati venti saharici è presentata dai violenti *chamsin* del deserto arabico; dallo *sherchi* o vento asciutto ed ardente di est, che domina nel Curdistan; dal *tebbad* o *vento di febbre* della steppa turcomanna: talchè si possa quasi affermare che non vi sia deserto senza vento caratteristico di tale accidente morfologico, per quanto i nomi, coi quali si designa, mutino da regione a regione terrestre.

Avviene poi talvolta che un vento cangi natura man mano che continua a spirare, e ciò per il carattere stesso delle regioni che attraversa. Questo probabilmente è il caso del sirocco, qualora si accetti la teoria professata da parecchi fra i meteorologi, secondo la quale sono da giudicarsi di provenienza africana quasi tutti i venti meridionali, che attingono le coste della Francia meridionale, dell'Italia, della Dalmazia e della Grecia.

Il carattere originario del sirocco, lo vedemmo, è la estrema aridità (2), e difatti tal nome in Sicilia vien dato ad un vento secchissimo che vi arriva dalle plaghe interposte fra SO e SE. Ora, i sirocchi delle costiere accennate spiccano per deciso carattere piovoso e

(1) *Geogr. fis.*, 6.ª, pag. 35.

(2) Tacchini, Magagno e Riccò, *Sulle polveri meteor. di scirocco.* in *Annali della meteor. italiana, serie* II., vol. 1.°, 1879, pag. 89 e 90. Vedi anche la citata opera del Fischer, pag. 36 e 37.

(1) Pag. 533.

(2) Cnfr. dove si discorre delle polveri di sirocco.

Digitized by Google

le raggiungono pregni di umidità, pur provenendo dalle medesime plaghe e solo variando direzione a seconda delle accidentalità locali, cioè assumendo direzione prevalente di SE nell'Adriatico e nello Jonio, di SO nel Tirreno (1).

Anzi, secondo la medesima teoria, si è creduto di spiegare anche l' origine del *föhn* o *fön* (2), forse il *favonius* dei Latini, un vento caldo ed asciutto che attinge frequentemente le valli della Svizzera, dov'è noto sotto il nomignolo di « schneefresser », cioè di *divoratore delle nevi*, tanto rapida è la liquefazione di queste sotto il suo soffio. Nella valle di Grindelwald, per esempio, è stato calcolato che in 12 ore il *föhn* è stato capace di sciogliere non meno di 2 piedi di neve: talchè si può giudicare che la sua azione durante 24 ore, corrisponde a quella di 14 giorni di sole. È facile comprendere quali effetti funesti possa esercitare un vento siffatto per dar origine od accrescimento alle piene dei fiumi, tanto più che le stagioni preferite del föhn sono anzitutto la primavera e poscia l'autunno e l'inverno. La direzione di questo vento è in generale da mezzogiorno, fra i limiti di SE e di SO, modificandosi sempre giusta la configurazione delle vallate; però, qualunque sia la direzione del vento superficiale, quella del vento superiore, indicata dalle nubi, è costantemente il SO. La zona principale dov'esso soffia è quella che corre fra Ginevra e Salisburgo, quantunque preferite da esse siano le vallate dell' Ill (Vorarlberg), del Reno fino al lago di Costanza, della Linth fino a Zurigo, della Reuss colle contermini, del Rodano fino al Lemano.

Vento asciutto e meridionale, era ovvio che venisse giudicato di provenienza saharica, anzi tale fu la teoria che anche per esso prevalse fra i geologi e i naturalisti, che primi si occuparono di tale fenomeno, Desor, Escher de la Linth, Martins, Dollfus-Ausset ed altri. Anzi il più fra essi lo giudicarono una corrente aerea di origine recente, cioè formatasi dopo il sollevamento del Sahara, e gli attribuirono l'azione maggiore, se non esclusiva, nella fusione dei grandi ghiacciai dell'epoca da questi appunto contrassegnata e denominata.

Invece, secondo la scuola dei meteorologi tedeschi capitanata dall'Hann, il föhn qualche volta potrebbe bensì essere vento di provenienza saharica, ma il più spesso esso è una semplice deviazione della grande corrente equatoriale, deviazione determinata dalla formazione di un centro di basse pressioni barometriche sopra la catena alpina. Quand'anche questa corrente sia carica d'umidità, essa ne rimane ben presto liberata, toccando le prealpi, oltre le quali probabilmente, e oltre la catena principale alpina certamente, passa sotto forma di vento asciutto. Resta poi a vedere in quale guisa e per quale ragione esso arrechi anche nelle vallate settentrionali quel calore così notevole che, senza dubbio, fu una delle principali ragioni per cui gli si voleva attribuire provenienza africana. Gli studî recenti sulla teoria dinamica del calore permettono di risolvere anche questo problema. Il föhn, risalendo le valli, si dilata sempre più e sempre più si raffredda: ma superata la cresta alpina, appunto perchè vento freddo e di richiamo da un centro di depressione atmosferica, precipitando nelle vallate, sotto l'aumento di pressione che l'accumulamento delle masse aeree e la loro rapida discesa produce, si riscalda fortemente daccapo. Ond'è che nelle vallate ha carattere di vento caldo ed asciutto.

Per avere un'idea dell'effetto suo riportiamo dall'Hann (1) il risultato della media di 20 giorni invernali di osservazione, durante i quali il föhn dominava a Bludenz, confrontandolo colle condizioni contemporanee a Milano e a Stoccarda, cioè al di qua e al di là delle Alpi e fuori della sua sfera d'azione.

	Milano	Bludenz	Stoccarda
Temper. centigr.: matt.	3.°2	11.°1	3.°4
pomer.	5. 1	14. 0	8. 8
sera	3. 9	11. 5	5. 0
Umidità relativa: matt.	96	29	84
pomer.	93	22	72
sera.	96	28	81

Durante i venti giorni citati, a Milano piovve 16 giorni; a Stoccarda 10; in entrambi i siti notavasi vento variabile; a Bludenz notavasi un gagliardo föhn di SE. Esempi consimili si potrebbero trovare fra il Piemonte, il Vallese e l' Alsazia, ovvero nelle Alpi orientali.

(1) Non ci arrestiamo poi sui fenomeni fisiologici del sirocco, cioè spossatezza, talvolta emicrania, affanno e consimili. È singolare che gli stessi caratteri climatici e fisiologici del sirocco si ripetono in un vento analogo dell'Argentina, il cosidetto *sondo*, corrente aerea equatoriale, come quello che vi soffia da nord (Vedi ancora a pag. 726, dove parliamo delle *polveri di sirocco*).

(2) Cnfr. HANN, *Ueber das Föhn in Bludenz* in *Mittheil. des. d. u. oesterr. Alpenv.*, S.ª Band, 1877 pag. 115 e seg.; — *Klimatol.*, pag. 208 e seg.; — DOVE. *Ueber Eiszeit, Föhn und Scirocco*, Berlin, 1867; — GÜNTHER, *Geophysik*, 2.° vol. 198; — MOHN e RAGONA, pag. 128 e 85 delle note; — HUGUES, *Geogr. fis.*, pag. 248; — SUPAN, *Grundzüge der phys. Erdk.*, pag. 87.

(1) *Klimatol.*, pag. 213.

Digitized by Google

Le leggi della termodinamica mostrano poi perfettamente corrette le deduzioni ora tratte e per nulla esagerate, come potrebbe sembrare a primo aspetto. « Secondo il Péslin » avverte l'Hugues (1), « una corrente d'aria che possiede una temperatura di 3.° all'altezza di 3000.m (equivalente a un dipresso a quella del colle di San Teodulo) e sotto una pressione di 530 millimetri, durante il suo passaggio attraverso la cresta montagnosa, può giungere ad avere la temperatura di 27.°, se cade sino a 500.m d'altitudine e sotto un pressione di 713 millimetri ».

Il föhn, del resto, nelle Alpi, non è esclusivamente formato di venti meridionali; nè, giova conoscerlo, è esclusivo della catena alpina. Siccome la sua origine, come vedemmo, consiste nella formazione di un centro di basse pressioni in una zona montagnosa, nella conseguente deviazione di correnti aeree e negli effetti termodinamici e igrometrici che il loro scendere e discendere lungo i pendii montuosi ingenerano, così esso si formerà ogni qualvolta le stesse condizioni si ripeteranno. Quindi sulle Alpi si ha altresì un föhn settentrionale, che si fa talvolta sentire a Bellinzona, a Lugano, sui laghi di Como e di Garda ed altrove; quindi si notano dei veri föhn in Islanda e sulle coste della Groenlandia, sul Caucaso e nell'Asia Minore, sui Pirenei, a Bilbao ed altrove. Anzi, lo stesso *solano*, che soffia così frequente sulle montagne Andaluse, abbenchè segua visibilmente il giro del sole, ha molte fra le caratteristiche del föhn. Parimenti si può dire del *vento della torre rossa*, che si nota ad Hermannstad, ai piedi delle alpi Transilvaniche. E fenomeni consimili si avvertirono nelle montagne Rocciose dell'America settentrionale; nella parte più orientale dell'Asia russa; nella N. Zelanda, dove il föhn è costituito dal *nord-wester* o vento di NO; finalmente nella Georgia meridionale.

La geografia fisica dei venti locali non sarebbe ancor terminata. A volerla dare compiuta, sarebbe d'uopo rifare la climatogia locale di tutte le contrade del globo, poichè, si può dire, ogni paese ha i suoi venti caratteristici con una nomenclatura speciale e con qualità, vere o presunte, di vario genere, le quali, meglio che in un trattato di meteorologia, si possono trovare nei proverbi del popolo, contadineschi o marinareschi. Però di alcuni fra tali venti non si può tacere, come del famoso *mistral*, *mistrau*, *magistraou*, *magistralas*, il *melamborea* o *siceiron* dei Greci, il *circius* dei Romani, tuttora denominato *cierzo* dai Catalani e in generale *gallego* dagli Spagnuoli, e *cers* o *cierce* nella Linguadoca, in una parola il *maestrale* o NO, che imperversa più o meno freddo, violento e funesto, lungo tutta la costiera, che va dall'Ebro al fondo del golfo Ligure, attingendo quasi sempre la massima forza nella Linguadoca, nella Provenza e nel bacino dal Rodano, e nel golfo del Leone, dove son così temute le *leonadde*, colle quali esso lo sconvolge. Da Strabone che, forse pel primo lo descrive, 18 secoli e mezzo fa, ad oggi, da quanti ne parlano, esso è giudicato una vera sventura pei paesi che tocca; sì pei danni che produce alla vegetazione, sì per la violenza meccanica sua (della quale per lo innanzi citammo qualche saggio), che, accompagnata alla frequenza, si vuole essere stata sufficente a deviare a SE il corso inferiore del Rodano. A Marsiglia soffia per una metà dell'anno e specialmente nel verno e nella primavera, e pare che provenga dalla diversità di riscaldamento che subiscono in quella stagione gli altipiani delle Cevennes e la pianura del Rodano, la quale funge da aspiratore. Però, se è vero che le furiose boriane delle Baleari, le *pruvinzate* della Sicilia e la stessa *bise noire* dell'Algeria non siano che il maestrale prolungato attraverso il Mediterraneo, v'è da restare incerti se effetti così potenti e così diffusi si possano attribuire ad una causa relativamente limitata, com'è quella ora accennata. Probabilmente il riscaldamento del suolo della bassa Provenza determina i maestrali ordinarî, tanto è vero ch' essi sovente smettono nelle ore notturne, ma gli effetti maggiori di tal vento sono da attribuirsi alla formazione di centri di depressione, comuni nell'inverno sul Mediterraneo, e al conseguente accorrervi delle masse aeree, dalle plaghe allora dominate da alta pressione. Ora, siffatto moto sarà molto probabilmente favorito e forse in qualche caso determinato nel suo cominciamento dalle solite cause che localmente concorrono a produrlo.

E parimenti si potrebbe dire, qualora, per analogia, si volesse attribuire a cause locali le potenti *bore* che infuriano come venti del 2.° quadrante su buona parte della costiera occidentale della penisola balcanica, dal Friuli all'Albania, quasi sull'intero Adriatico e nella pianura veneta, dove son note sotto il nome di

(1) *Geogr. fisica*, pag. 218.

Digitized by Google

vento *schiavo* (slavo) o *furlano*. Vento secco freddo e violento, esso spira preferibilmente nel verno o nella primavera, per periodi di 3 o 5 e più giorni, (1) quasi sempre a buffi, a *refoli*, come si esprimono i marinai veneti od istriani. Violenta di giorno e nelle ore più calde, scema di forza spessissimo col calar del sole, nè la riprende il giorno successivo, se non a sole ben alto. Le bore, meno forti e di più breve durata, assumono il nome di *borino*. Gli effetti della bora propria, specialmente lungo le coste e nei canali istriani e dalmati, sono veramente potentissimi, come già avemmo occasione di vedere. Sovente la bora è accompagnata da una nuvolaglia di cirro-strati, il cui movimento palesa che nelle zone superiori dell' atmosfera predominano le correnti meridionali. Essa stessa poi determina la formazione di cumuli che s'addossano alla montagna e s'accrescono col suo rinforzarsi, come scompaiono colla sua cessazione. Però nel Friuli, al calare della bora segue spesso lo sirocco, che anteriormente la deviava alquanto verso tramontana, e quindi ai giorni sereni, ch'essa di solito conduce fan seguito dei periodi piovosi.

La bora ha molta somiglianza col maestrale: com'esso è prodotta da un centro di depressione barometrica, che in questo caso si formi sull'Adriatico, o di alte pressioni, che si formi nell'Europa centrale ed orientale; com' essa è favorita dal maggiore riscaldamento a cui sono soggetti i versanti adriatici e le pianure friulana e veneta, a confronto della regione montuosa che sta fra il Balcan e le Alpi; ma ne differisce per ciò che, mentre il maestrale corre liscio e quasi orizzontale dalle Cevenne al mare, la bora, trattenuta dal Carso e dalle catene albanesi, bosniache, dalmate, croate, istriane, precipita con forte discesa sull'Adriatico, meritando il nome di *vento di caduta* (fallwind), con cui la designano i meteorologi tedeschi.

Una specie di *bora*, e con questo stesso nome impostole dai marinai italiani che lo frequentano, regna altresì nel mar Nero presso Novorossinsc, come già si sapeva dal Kämtz fino dal 1866. Forse non molto diverso ed egualmente determinato da una minima barometrica è il *pampero* dell'Argentina, in origine vento freddo, secco e violento, che domina nei mesi di ottobre, novembre e gennaio; come a dire nella primavera e nella state nell' emisfero meridionale. Senonchè il carattere burrascoso e tempestoso, che spesso viene ad assumere col suo contrasto coi venti caldi ed umidi del settentrione, lo fa apportatore di pioggie e di elettricità. La sua direzione prevalente è il SO; ma poi collo stesso nome si designano nelle stagioni menzionate quasi tutti i venti burrascosi della pampa argentina e patagonica.

Nè la finiremmo più se poi volessimo tener parola di venti specialissimi, come son quelli che in certe stagioni battono alcune località, sollevandovi burrasche di neve: la *tormenta* delle Alpi, la *ventisca* dei Pirenei e delle Sierre spagnuole, i *metel* ed i *burani* della Russia meridionale, della Siberia occidentale e consimili fenomeni, i quali del resto presentano tutte le caratteristiche proprie degli uragani a moto turbinoso e solo se ne distinguono per la neve che sollevano e che aggirano rapidissimamente.

I limiti impostici dall'economia dell' opera ci consigliano, anche in questo caso, a desistere, tanto più che urge conoscere quanto concerne la generale teoria delle correnti aeree.

(1) Donde il proverbio veneziano: *quando bora se more o tre o cinque o sette o nove;* e l'analogo padovano colla premessa *o uno o tre* ecc: Però a Venezia v'è anche: *Bora tre di dura, se el va de trotto el dura più de oto*

Digitized by Google

I MOVIMENTI DELL' ATMOSFERA

PARTE II. — Le leggi dei venti [1]

DEL PROF.

GIUSEPPE ROBERTO

« Aliquando per se ipse sol causa venti est, fundens rigentem aera, et ex denso coactoque explicans ».

SENECA, *Natur quaest*:, libro V . C. 7.

Fin dalle più remote età si ammirò l' ordine costante con cui si compie il moto degli astri, si tracciò questo moto e se ne investigarono le cause. Invece, fino a pochi anni addietro, i moti atmosferici erano ascritti a forze occulte, al caos, al capriccio; si considerava come pressochè inutile ogni studio serio su questi moti, e si disperava affatto di riuscire a sciogliere una matassa cotanto intricata. Fatta eccezione di pochi e quasi ignorati cultori della scienza, nessuno si curava di notare i fatti atmosferici, studiarli, e farne una sintesi per rintracciarne le leggi. Solo i capitani di mare, per debito del loro ufficio, notavano i venti incontrati nei vari punti dei loro viaggi e preparavano inconsci una ricca messe di dati. Era necessario, che un nuovo Newton, o un nuovo Galileo, studiasse questi dati, e ne rintracciasse l'intima connessione. Questo uomo eminente fu il Maury. Egli discusse circa 1,500,000 giornali di bordo, per dedurne la miglior rotta da seguire nei viaggi di mare. Nel fare questo immane lavoro ebbe campo di formarsi un esatto concetto dei venti e delle correnti in ciascuna parte degli oceani, e si pose in grado di stabilire nuove e sicure basi alla Meteorologia.

Alla sua mente elevata si affacciò il sublime concetto che il calor solare è la causa prima dei venti, per cui nell' atmosfera avviene in grandissime proporzioni lo stesso fenomeno che vediamo nella state prodursi ogni giorno fra il continente ed il mare.

In quei luoghi, nei quali la temperatura è maggiore e la densità minore, l'aria sale e dai lati altra aria va a prendere il posto di quella che è salita: si stabilisce così una circolazione, che in alto è diretta dal luogo più caldo al meno caldo, ed in basso da questo a quello. Similmente, essendovi in vicinanza dell' equatore una zona, sulla quale la temperatura è massima e la densità dell' aria minima, si produce in quella zona un moto ascendente nell' aria, e dai lati altra aria si precipita a prendere il posto di quella che

(1) Oltre alle opere del MOHN, del MAURY, dell'HANN, del FAYE, ecc. cit. a pag. 717, vedi H. MARIÉ DAVY, *Météorologie. Les mouvements de l'Atmosphère et des mers considerés au point de vue de la prevision du Temps*, 1866. — M. J. BOURGOIS, *Refutation du systeme des vents de M. Maury*. Paris 1869; — L. BRAULT, *La circulation des couches inférieures de l'atmosphère dans l'Atlantique nord* in *Révue Scientifique*, 1875, Anno 5 , 2.° sem., pag. 336; 1876, Anno 6°, 1.° sem., pag. 90. — L. BRAULT, *Etude sur la circulation atmospherique de l'Atlantique Nord suivie de* 200000 *observations sur la dircetiou et l'intenpté des vents d' Eté et Hiver cet Ocean*. Paris 1877. — HANN, *Bericht über die Fortschritte der geographischer Meteorologie, Geogr. Jahrb von Behm*, già citato; — WILLIAM REDFIELD, *On the Law of storms* (1831); — REID, *On the Law of storms* (1838); — HENRY PIDDINGTON, *Guide du marin sur la loi des tempêtes*. Traduit par *Chardonneau* (1859); — H. W. DOVE, *La loi des tempêtes considérèe dans ses rapports avec les mouvements de l'Atmosphère*. Traduit par A. LE GRAS. 1861. — FITZ-ROY, *Le livre du temps*. Traduit par MAC-CLEOD, 1870; — ROBERT SCOTT, *Cartes du temps et avertissements de tempêtes*. Traduit par ZURCHER et MARGOLLÉ; 1879. — FAYE, *Sur les orages et sur la formation de la grêle*, 1877; — BUSIN, *Fisiologia dei cicloni. Rivista marittima*, 1883. — ELIAS LOOMIS, *Contributions to Meteorology*. Queste contribuzioni furono raccolte e tradotte in italiano per cura di Ciro Ferrari. — H. HILDEBRAND HILDEBRANDSSON, *Sur la distribution des elements meteorologiques autour des minima et des maxima barometriques*. — WILHELM VON BEZOLD und CARL LANG. *Beobachtungen der meteorologischen Stationen in Königreich Bayern*, 1882. — H. HAMBERG, *Sur la variation diurne de la force du vents*, 1883. — J. P. FINLEY, *Report on the tornadoes of May* 29 *and* 30 1879 *in Kansas, Nebraska, Missouri, and Fowa*, in *Annual Report of Signal Office*, Washington, 1881, pag. 9847. — H. MOHN, *Den Norske Nordhavs-expedition*, 1876-78. *X. Meteorologie*, 1883. — J. HANN, *Über die Klimatischen Verhältnisse von Bosnien und der Herzegovina*, 1883.

Digitized by Google

si è sollevata. Se la Terra fosse un vasto piano rettangolare fisso e tutto ricoperto dal mare, vi sarebbe su ciascun meridiano la circolazione indicata dalla figura 1, ovvero vento polare alla superficie, e vento equatoriale in alto.

Però la circolazione atmosferica è profondamente modificata da molte cause, fra le quali due agiscono energicamente in ogni

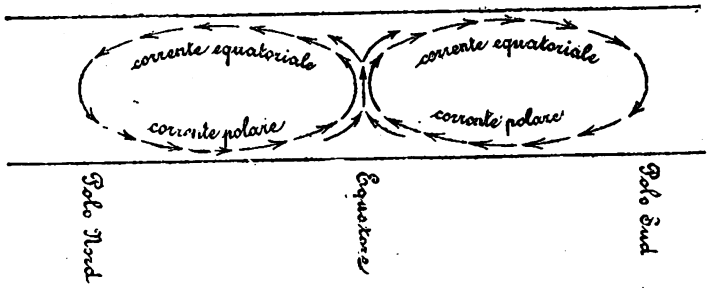


Fig. 466. — Sezione ideale dei venti, supposta la Terra piana e ferma.

parte. Esse sono: il moto rotatorio diurno e la forma sferica della Terra.

La Terra gira intorno al suo asse da ponente a levante, e ciascuno dei suoi punti descrive in un giorno un cerchio parallelo all' equatore, ovvero un *parallelo*. Poichè la lunghezza dei paralleli diminuisce dall'equatore ai poli, dove diventa nulla, anche la velocità di traslazione dei vari punti sarà massima all' Equatore, e andrà diminuendo verso i poli nei quali diverrà zero (1). Si immagini ora che soffii un vento polare: ogni molecola dell' aria andrà da un punto, che ha velocità rotatoria minore, verso un altro che ha velocità maggiore, e si troverà in ritardo.

In realtà saranno i punti della Terra, che si muoveranno da ponente a levante più velocemente della molecola considerata; ma, apparendo essi fermi, sembrerà che le molecole componenti il vento polare si muovano in una direzione tanto più prossima a quella da E. ad O. quanto maggiore sarà la differenza di velocità fra il luogo di partenza e quello di arrivo, ovvero quanto maggiore sarà il cambiamento di latitudine. Pertanto i venti polari sembrano soffiare tanto più come venti di E. quanto più si avanzano verso l'equatore. Per contro i venti equatoriali sembrano soffiare come venti di O. perchè, soffiando da punti che hanno velocità maggiore verso punti che hanno velocità minore, si muovono da ponente a levante più rapidamente dei punti che incontrano, e appaiono soffiare tanto più da O. quanto maggiore sarà il cambiamento di latitudine.

Per questa ragione i venti polari giungono all'equatore quasi venti di E. ed i venti equatoriali giungono ai poli quasi venti di O. Ed in conseguenza i venti proprii di un circuito, che si sarebbe formato nel piano di un meridiano, supposta la Terra ferma, descrivono una *curva sghemba*, a cui non si saprebbe qual nome assegnare. Questa curva è in ogni parte inclinata rispetto all' orizzonte, ed assume la forma di una ellisse, tanto se è proiettata sopra un piano orizzontale qualsiasi, come se è proiettata sul piano di un meridiano. Nella figura unita sono fatte due proiezioni ortogonali di una di queste curve sopra due piani, uno *RS* tangente all' equatore *EE'* in un punto qualsiasi, e l'altro *xy* perpendicolare al primo, e diretto dal nord al sud. Vedremo che questo è il sistema immaginato dal

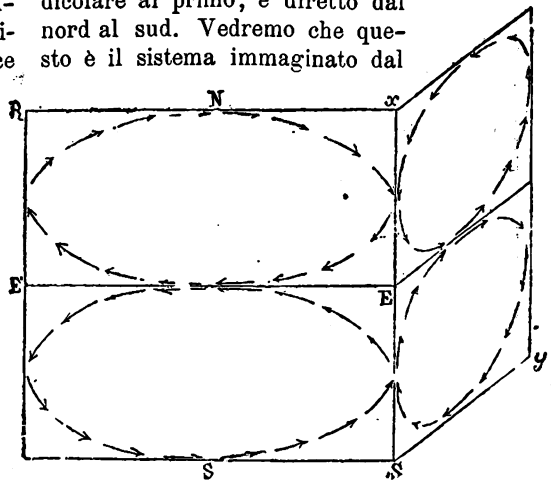


Fig. 467. — Projezione della circolazione atmosferica.

Bourgois per spiegare la circolazione atmosferica. Per intendere più facilmente la circolazione accennata, si ricordi che, se la Terra fosse ferma e la superficie piana e rettangolare, si avrebbero tanti circuiti quanti sono i meridiani. Ma siccome i venti deviano per causa del moto rotatorio della Terra, così tutti i circuiti si inclinano in modo che la parte superiore di ciascuno resta assai a ponente della parte inferiore.

Vediamo ora in che modo la forma sferica

(1) Confronta in proposito quanto fu detto a pag. 184 di quest'opera.

Digitized by Google

della Terra modifica la circolazione atmosferica.

La falda d'aria, che soprastà alla zona torrida non può essere contenuta in un' altra zona di uguale ampiezza in latitudine, se non a patto di comprimersi fortemente; la qual cosa non è possibile per l'elasticità dell'aria, e per la trasmissione delle pressioni.

Il Maury, avendo già notato che oltre i tropici dominano spesso i venti SO. nell' emisfero nord, e NO. nell'emisfero sud, credette che il vento superiore equatoriale, giunto ai

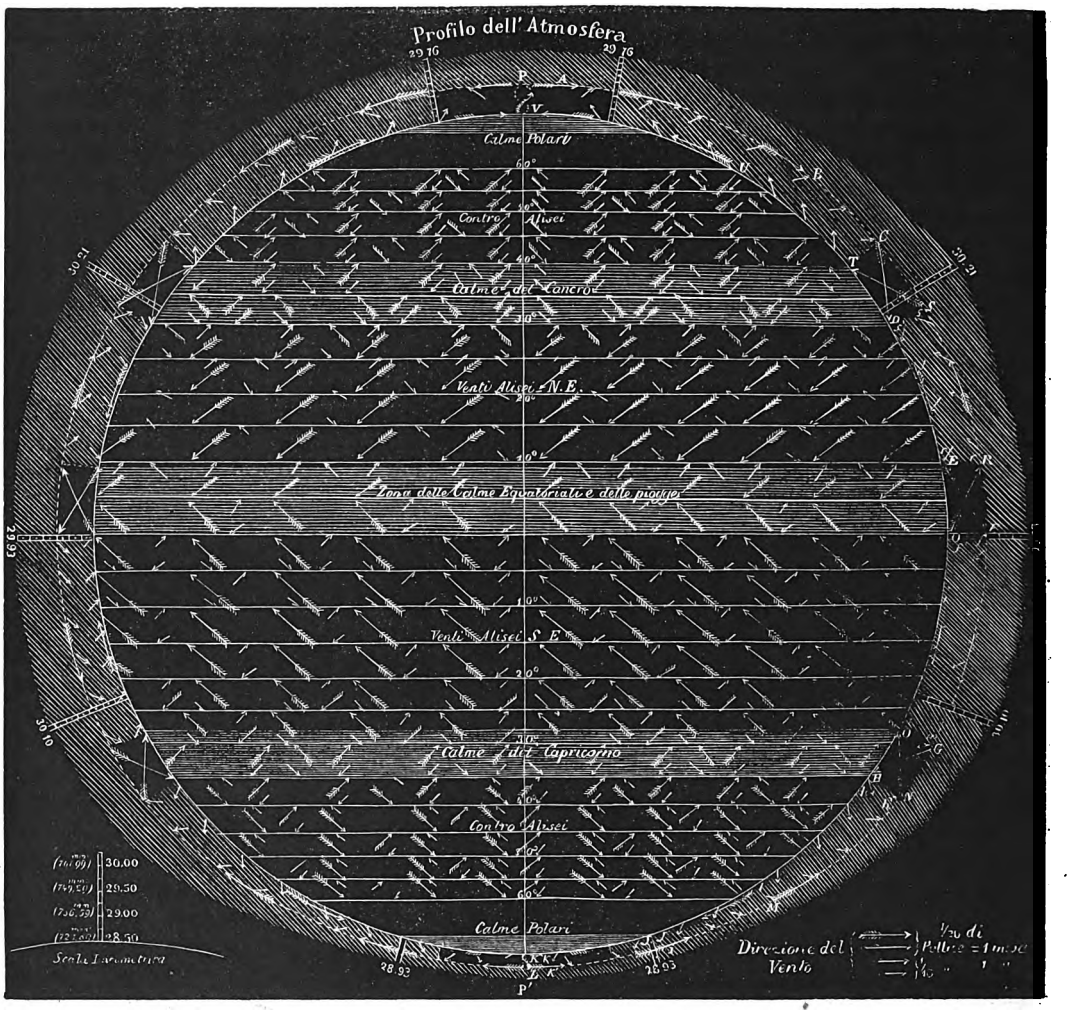


Fig. 468. — La circolazione dei venti secondo il Maury.

tropici, non potesse proseguire nel suo cammino, se non ridiscendendo verso il suolo e soffiando poscia come vento inferiore. Per conseguenza dovette ancora ammettere che questo vento risale in alto nelle regioni circumpolari, ritorna come vento superiore ai tropici, e, colà giunto, ridiscende e forma i venti inferiori polari della zona torrida.

L'unita fig. 468 rappresenta nell'interno del cerchio i venti che, secondo il Maury, dominano sulla superficie della Terra ed esternamente la circolazione atmosferica proiettata sul piano di un meridiano. I venti compresi tra l'equatore ed i tropici furono chiamati alisei, gli altri controalisei.

Stando a questa teoria, sulla superficie della Terra, dal polo nord al tropico del Cancro, si hanno i venti controalisei SO.; al tropico le calme tropicali; dal tropico all'equatore gli alisei NE.; all'equatore le calme equatoriali; dall'equatore al tropico del Capricorno gli alisei SE.; al tropico le calme tropicali, ed infine i venti controalisei NO. sino alle regioni polari antartiche.

Digitized by Google

Piu tardi, il Maury stesso riconobbe che anche nelle regioni da lui dette di calma, e specialmente ai tropici, il vento soffiava assai più frequentemente che non indicasse la sua teoria, e allora chiamò regioni di venti variabili quelle zone che aveva indicato come regioni di calma.

La fama, che egli si era meritamente acquistata per i suoi precedenti lavori sui venti e sulle correnti, diede tanta autorità al suo sistema da farlo diventare oggetto di una vera idolatria. Tuttavia la sua opera non era perfetta. E difatti colle moderne teorie fisiche non è possibile ammettere che due venti possano incrociarsi, e continuare poscia ciascuno il proprio cammino, sia che si voglia supporre che si incrocino le molecole dell'aria in moto, sia che si immagini che ciascuna grande corrente atmosferica si decomponga in migliaia di piccole correnti, e che queste scorrano le une accanto alle altre alternativamente per versi opposti. Per confutare la prima supposizione, basta notare che in un millimetro lineare di aria, secondo il Maxswell, alla pressione di 760mm. e alla temperatura di 0°, vi sono almeno 2,000,000 di molecole dotate di una velocità di circa 500^{m}. al minuto secondo. Rispetto al moto proprio di ciascuna molecola, il vento, cioè il moto comune, è ben poca cosa: e per altra parte le molecole, pur partecipando al moto comune in una data direzione, continuano ad intersecarsi e ad urtarsi fra di loro per la nota legge di inerzia, che il moto comune a tutte le parti di un sistema non altera i moti relativi di queste parti. Poichè le molecole dell'aria si urtano in media dopo aver percorso all' incirca la quarta milionesima parte di un millimetro; e quindi, avendo la velocità di 500^{m}. al minuto secondo, si urtano due trilioni di volte al minuto secondo; così è evidente che due sistemi di molecole, incrociandosi nei loro moti di traslazione rettilinea, non possono continuare a muoversi dopo l'incrocio, ciascuno nel verso primitivo, vogliasi pure con velocità molto minore.

Per dimostrare poi che le grandi correnti atmosferiche non possono neppure incrociarsi suddividendosi in tante piccole correnti, basta ricordare che due correnti di fluidi, quali si vogliano, ad angolo, o parallele per versi opposti, producono necessariamente un turbine circolare soggetto a leggi note.

Uno dei maggiori argomenti addotti dal Maury, e dai suoi seguaci, per dimostrare l' incrocio dei venti nella zona equatoriale è che nell'emisfero nord vi è meno evaporazione, e più abbondante caduta d'acqua che nell'altro.

È agevole rispondere che gli alisei NE. e SE. riunendosi in un solo vento E. al disopra delle calme equatoriali, si mescolano per modo che l' aria resta ugualmente umida nei due emisferi; e che, a basse latitudini, piove più abbondantemente nell'emisfero nord, perchè, essendovi più terre e più alte catene di monti trasversali ai venti, l'aria vi si raffredda maggiormente. Ad esempio, nelle Indie e nell' oceano Indiano i venti equatoriali, incontrando l'alta catena dell' Imálaja, depongono gran parte del vapor acqueo che contengono, dovendo nel sollevarsi convertire molta energia termica in energia potenziale, e quindi raffreddarsi. Per contro, nell' oceano Indiano sud la corrente equatoriale, non trovando ostacoli, scorre liberamente verso le regioni polari, si raffredda meno, e sino ad un certo limite depone meno vapor d'acqua: però oltre al limite accennato avviene l'inverso.

Per altra parte, non è ben certo che realmente la quantità totale di acqua che cade nell'emisfero nord sia maggiore, poichè non vi sono dati sufficienti per un tale confronto, e non si possono paragonare le terre dei due emisferi nè per giacitura, nè per estensione.

Fra le modificazioni, giustamente apportate alla teoria del Maury, tiene il primo posto quella del Bourgois, il quale, dopo aver dimostrato che non esistono le regioni di calme, o di venti variabili tropicali, nè l'incrocio dei venti, conchiude che una molecola d'aria percorre teoricamente la seguente traiettoria.

All'equatore essa si solleva e va verso una delle regioni polari: nel suo cammino si avvicina sempre più alla superficie della Terra, fino a raggiungerla, e ritorna poscia all'equatore. Deviando per il moto rotatorio della Terra, la molecola considerata descrive una curva in ogni parte assai inclinata all'orizzonte, e, come si è detto, già rappresentata in proiezione su due piani ortogonali nella fig. 467.

Secondo questa teoria, non si ammette più che i venti equatoriali si abbassino ai tropici per poscia risalire ai poli; si ammettono invece ancora, le calme equatoriali come dovute al convergere e sollevarsi degli alisei NE. e SE.; ma non si parla più di incrocio, e al contrario si dimostra che i due alisei formano una sola corrente ascendente, che nelle alte regioni atmosferiche si scinde nelle due correnti equatoriali proprie dei due emisferi.

Il Bourgois, tenendo conto della forma sfe-

Digitized by Google

rica della Terra, osservò pure, come il Maury, che i venti equatoriali si muovono verso spazii sempre più ristretti, ed i venti polari verso spazii successivamente maggiori, e tentò spiegare i fatti che necessariamente ne conseguono, nel seguente modo.

I venti equatoriali superiori trasportano un eccesso d'aria verso i poli, perciò i venti polari acquistano maggior forza e dominano per alcun tempo. Consumato l' eccesso d' aria, i venti polari cedono il campo ai venti equatoriali, che trasportano di nuovo un eccesso d'aria ai poli; e così di seguito i venti polari ed equatoriali dominano a vicenda e appaiono in lotta fra di loro.

Però le correnti atmosferiche non possono spostarsi a vicenda fra l'equatore e i tropici, perchè la corrente superiore è assai più alta del limite della inferiore, e perchè, relativamente alle alte latitudini, è poco notevole la variazione nella lunghezza dei paralleli, e quindi nello spazio occupato dal vento. Solo ai tropici incomincia la lotta dei venti propria delle alte latitudini, e spesso vi sono brevi calme, alle quali succedono raffiche di vento più o meno forti, dovute all'uno o all' altro dei venti generali.

Il Dove dimostrò che due leggi costanti presiedono all'alterno spostarsi delle due correnti atmosferiche equatoriale e polare nelle zone temperate.

1ª *Legge.* — Nell' emisfero nord, se ad un vento *SO.* (corrente superiore) succede un vento *NE.* (corrente inferiore), questo comincia dapprima negli strati inferiori: se ad un vento *NE.* tiene dietro un vento *SO.*, questo domina dapprima nelle regioni superiori dell'atmosfera. Nell'emisfero sud i venti *NO.* (superiore) e *SE.* (inferiore) si comportano nello stesso modo.

Secondo il Dove, il vento inferiore nelle alte latitudini è *NE.* nell'emisfero nord, e *SE.* nell' emisfero sud, perchè egli si fondò su dati raccolti specialmente sul continente europeo, dove il vento inferiore *NO.* è deviato a *NE.*

2ª *Legge.* — Nell' emisfero nord il vento varia costantemente nel verso
$N \rightarrow NE \rightarrow E \rightarrow SE \rightarrow S \rightarrow SO \rightarrow O \rightarrow NO \rightarrow N.$,
cioè nel verso del sole. E, se alcuna volta, per cause particolari il vento varia in senso inverso, ben tosto ritorna indietro. Infatti, dice il Dove, il vento *S.* non può spostare il vento *N.* nelle regioni più elevate dell'atmosfera, se non quando quest' ultimo è divenuto quasi vento *E.*; pertanto lo spostamento deve sempre apparire come una variazione del vento nel verso indicato.

Nell'emisfero sud, il vento varia nel verso
$S \rightarrow SE \rightarrow E \rightarrow NE \rightarrow N \rightarrow NO \rightarrow O \rightarrow SO \rightarrow S.$
poichè il vento superiore *N.* non può spostare l'inferiore *S*, se questo non devia prima all'*E.*

Tutta la legge si può ancora enunciare brevemente così: *tanto nell'uno come nell' altro emisfero il vento varia come il sole.*

Rispetto alla velocità relativa dei venti inferiori e superiori, è importante notare che i venti superiori sono in media di gran lunga più forti degli inferiori, non solo perchè gli ultimi sono ritardati per attrito contro la superficie terrestre, ma ancora per la forma sferica della Terra. I venti inferiori, avvicinandosi all' equatore, crescono in velocità a cagione della differenza nella velocità di traslazione per il moto rotatorio diurno fra il punto di partenza e quello di arrivo, ma diminuiscono quasi di altrettanto in velocità, perchè debbono trasmettere il loro moto a masse d'aria maggiori. Invece i venti superiori, incontrando masse d'aria successivamente minori, crescono in velocità e per la diminuzione della massa d'aria, a cui si propaga il moto, e per la differenza fra le velocità di traslazione sui varii paralleli. Però l' incremento di velocità nei venti superiori è limitato sia dal rapido aumento della pressione, sia dagli urti delle diverse colonne d'aria nello spazio sempre più ristretto, verso cui si avanzano.

Per quanto possa parere complicata la circolazione atmosferica descritta, tuttavia è d'uopo confessare che in natura il fenomeno è migliaia di volte più complesso, e che l'avvicendarsi delle stagioni, e l' azione dovuta alla posizione relativa degli oceani, dei mari, dei laghi, dei fiumi, dei continenti, dei monti e delle pianure è causa di infinite variazioni nei venti. Studiamone ora alcune, che ci servano di guida per interpretare i fenomeni, che ci presenta ogni giorno l' atmosfera.

Durante l'estate dell' emisfero nord, il sole si avanza verso il tropico del Cancro, e la zona di massima temperatura si sposta nel medesimo verso, epperciò i venti alisei e contralisei risalgono verso il polo nord. L'opposto avviene nell'inverno.

Le variazioni nel limite degli alisei sono date dalle seguenti tavole, dovute la prima a Horsburgh, la seconda al Maury, la terza a Kerhallet.

Digitized by Google

1.ª Limiti degli alisei nell' Oceano Atlantico.

Stagioni	Limite sud dell'aliseo NE.	Limite nord dell'aliseo SE.	Larghezza delle calme equatoriali
Inverno	5° 45′ lat. N.	2° 25′ lat. N.	3° 20′
Primavera	5 47 »	1 45 »	4 2
Estate	11 20 »	3 15 »	8 5
Autunno	9 55 »	3 15 »	6 40

2.ª Latitudine a cui comincia l'aliseo NE. nell'Oceano Atlantico Nord.

Longitudine ovest di Parigi	Latitudine a cui comincia l'aliseo NE.			
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
70°	28°	28° 7′	29° 3′	29°
60	24	24 5	27 3	28 3′
50	21	23 7	28 3	23 7
40	27 7′	29 7	30 7	29 3
30	24 3	28 7	29 7	26 7
20	24 3	28 3	28 7	27
10	»	31 3	34 7	32

3.ª Limiti degli alisei nell' Oceano Pacifico.

Mese	Limite polare dell'aliseo NE lat. N.	Limite polare dell'aliseo SE lat. S.	Limite equatoriale dell'aliseo NE lat. N.	Limite equatoriale dell'aliseo SE lat. S.	Largh. delle calme equat.
Gennaio	21° 0′	33°25′	6°30′	5° 0′	3°30′
Febbraio	28 28	28 51	4 1	2 0	2 1
Marzo	29 0	31 10	8 15	5 50	2 25
Aprile	30 0	27 25	4 45	2 2	2 45
Maggio	29 5	28 24	7 52	3 36	4 16
Giugno	27 41	25 0	9 58	2 30	7 28
Luglio	31 43	25 28	12 5	5 4	7 1
Agosto	29 30	24 18	15 0	2 30	12 30
Settembre	24 20	24 51	13 55	8 11	5 45
Ottobre	26 6	23 27	12 20	3 32	8 48
Novembre	25 9	28 39	»	»	»
Dicembre	24 6	22 30	5 12	1 56	3 16

Da queste tavole si vede che lo spostamento degli alisei e dei controalisei è maggiore verso il nord che non verso il sud, perchè tutti gli oceani sono più caldi al nord che al sud dell'equatore, a cagione delle correnti marine e dei continenti.

Sull'oceano Atlantico i venti sono assai deviati per l'azione simultanea dei continenti e delle correnti marine.

Il golfo del Messico, per la corrente marina calda, che ne fa il giro, è un centro di aspirazione, reso più attivo dal rapido riscaldarsi delle terre circostanti: perciò l'aliseo NE. devia a SE., penetra sul continente Americano nord, ed allontanandosi dall' equatore devia poscia a SO., e ritorna al mare in tale direzione presso New-Yorck. Per compenso, dalla parte dell'Europa, i venti inferiori NO. sono quasi sempre deviati a NE., sopratutto d'inverno, a cagione del continente, che in media è più freddo dell'oceano. Pertanto sull'Atlantico settentrionale i venti girano attorno ad un centro, che si trova sulle isole Azzorre. Prima il Bourgois, fondandosi sui dati stessi del Maury, poscia il Brault, discutendo altre osservazioni, giunsero a trovare il fatto singolare sopra accennato, cioè che sull'Atlantico settentrionale la circolazione atmosferica si fa parallelamente alla superficie terrestre, in modo che dalla parte dell'America prevalgono i venti equatoriali, e dalla parte dell'Europa i venti polari.

Il Brault dimostrò ancora che le calme equatoriali nell'oceano Atlantico sono specialmente dovute alle azioni opposte dei centri di aspirazione, che si formano sul Messico e sull'Africa equatoriale; pertanto esse si spostano ora all'est, ora all'ovest, secondochè prevale l'azione dell'uno o dell'altro centro di aspirazione.

Nell'oceano Atlantico meridionale avvengono fatti analoghi a quelli dell'Atlantico settentrionale, ma assai meno rimarcati, essendo di gran lunga minore l'influenza dei continenti.

Dal tropico alle isole Falkland, d'inverno, soffiano spesso impetuosi i venti SO., detti *pamperos*, i quali sono dovuti al rapido abbassarsi della temperatura sulle vaste pianure dette Pampas.

Al capo Horn, e per la configurazione delle terre e per la circolazione generale atmosferica, il vento varia fra ristrettissimi limiti, cioè solo dal SO. al NO. I naviganti, fin dalla prima volta che montano quel pericoloso capo, riconoscono tosto che il vento dominante è il SO.; perchè, se anche per eccezione vi è un altro vento, il moto delle onde è sempre da SO. e, appena questo vento si stabilisce, il mare si fa assai agitato.

Sulle coste occidentali dell'Africa, dal capo di Buona Speranza al golfo della Guinea, vi sono frequenti calme, specialmente durante l'estate, per le azioni opposte del continente e dell'oceano.

Sull'oceano Pacifico settentrionale la circolazione atmosferica è del tutto simile a quella già descritta per l'Atlantico settentrionale, perchè modificata da azioni analoghe dei continenti e delle correnti marine. A ponente prevalgono i venti equatoriali, ed a levante i venti polari.

Anche le deviazioni dei venti in vicinanza

Digitized by Google

delle coste sono simili a quelle dell'oceano Atlantico; però sulla costa ovest dell'America meridionale non vi si incontrano calme corrispondenti a quelle delle coste ovest dell'Africa per causa delle Ande, le quali impediscono che si formi una zona di aspirazione analoga a quella che si incontra sulle terre africane.

Essendo l'Australia una vastissima isola posta in gran parte nella regione tropicale, tutto all'ingiro della medesima i venti tendono a soffiare dal mare verso terra durante l'estate, e nell'inverno dalla terra verso il mare. Sulla costa settentrionale, d'inverno, vi è il monsone SE., e d'estate il monsone NO: sulle coste occidentali, d'estate, vi sono dei periodi di calma corrispondenti a quelli della costa occidentale dell'Africa, e d'inverno i venti polari SO. e S. sono deviati al S. e al SE.

Nel mezzo dell'oceano Indiano sud i venti si accostano assai a quelli indicati nella teoria generale, ed il fatto più rimarchevole è che d'estate l'aliseo SE. si rinforza assai per il notevole riscaldamento delle terre africane.

Sui mari interni la circolazione atmosferica è molto complicata: sono però sempre più frequenti i venti diretti dal lato meno caldo verso il più caldo, come, ad es., sul mar Mediterraneo, dove dominano i venti di tramontana. Ogni catena di montagne diventa causa di una circolazione locale più o meno estesa e violenta: tale è, ad es., l'origine dei venti assai temuti del golfo Leone e dell'arcipelago Greco. Le grandi pioggie e le grandinate, raffreddando l'aria per un certo tratto, sono pure causa indiretta di forti perturbazioni nel regime dei venti.

La forma più semplice di circolazione è quella delle *brezze di terra e di mare*, delle quali già venne parlato a lungo nella prima parte del presente capitolo e alle quali si somigliano d'assai, come vedemmo i venti di montagna e di valle. È alla vicenda da esse prodotta e al conseguente ristagno delle masse di aria fredda sul fondo delle vallate che talvolta, lungo il filone di queste, si nota la minima temperatura, e sulle cime e sulle alte regioni una temperatura più alta, con manifesta inversione della norma che regola la distribuzione della temperatura secondo l'altezza (1).

(1) Vedi anche quanto si disse a proposito dell'inversione delle temperature nella valle del Po, a pag. 753 di quest'opera.

Parte III. — Le leggi delle tempeste

DEL PROF.

GIUSEPPE ROBERTO

Dopo i lavori di Reid, Redfield, Piddington ed altri molti, fu introdotto nella scienza il concetto che nelle grandi tempeste, come nei piccoli turbini, i venti girano attorno ad un centro, nel quale la pressione atmosferica è minima. Poscia, raccogliendo le osservazioni simultanee che si fanno a ore 7 m. 35 ant. tempo medio di Washington, e tracciando su carte geografiche le linee isobariche, si trovò che non vi sono solo centri di pressione minima, ma ancora centri di pressione massima.

Per proseguire lo studio sui venti rispetto a questi nuovi concetti, occorre cercare, almeno in modo approssimato, quale relazione passa fra le linee isobariche e i venti che ne dipendono.

Nell'andamento delle linee isobariche si possono distinguere tre casi principali (1).

1.° Le linee isobariche sono poco incurvate e quasi parallele fra di loro: allora i venti inferiori soffiano dai luoghi in cui la pressione è maggiore, verso quelli in cui la pressione è minore; pertanto la loro direzione è perpendicolare a quella delle linee isobariche. Inoltre, la forza di questi venti è proporzionale alla differenza di pressione, che vi è tra due luoghi posti alla distanza *uno* (l'unità di misura delle distanze è 60 miglia geografiche) nella direzione perpendicolare alle linee isobariche, ovvero, come dicesi più brevemente,

(1) Vedi il Capitolo precedente a pag. 772.

Digitized by Google

la forza del vento è proporzionale al *gradiente*.

Nella fig. 469 è rappresentata una serie di linee isobariche, che sul mare Mediterraneo hanno assai prossimamente la forma indicata. La figura è tolta dal Bollettino meteorico dell' Ufficio centrale di meteorologia in Roma. Essa rappresenta le linee isobariche, i venti e lo stato del cielo e del mare nel giorno 5 novembre 1884, a ore 8 antimeridiane. Alle pressioni segnate bisogna aggiungere mm. 700.

2.° Le linee isobariche sono concentriche ad un centro di pressione massima. Dalle osservazioni fatte risulta che in tal caso i venti *girano divergendo* attorno al centro, nel verso degli indici di un orologio nell'emisfero nord, e per verso opposto nell'emisfero sud. Il fatto che i venti girano attorno ad un centro divergendo, ovvero allontanandosene, secondo una spirale, ci costringe ad ammettere che in quel centro vi è una corrente discendente di aria. Il moto dei cirri confermò l'esattezza di questa previsione teorica.

Il complesso dei fenomeni atmosferici che avvengono attorno ad un centro di pressione massima, dicesi anticiclone.

La fig. 470, tolta dal Bollettino meteorico, rappresenta un anticiclone del giorno 4 febbraio 1884, a ore 8 ant.

3.° Le linee isobariche sono concentriche ad un centro di pressione minima: e allora i venti *girano convergendo* attorno al centro, in senso inverso agli indici di un orologio nell'emisfero nord e per lo stesso verso nell'emisfero sud. È ancora questione assai controversa, se nei centri di pressione minima vi sia nell'atmosfera corrente ascendente o discendente. Alcune considerazioni teoriche, svolte principalmente dal Faye, tendono a farci ammettere che nel centro vi è corrente discendente; invece le osservazioni fatte da Hildebrand Hildebrandsson, sui moti dei cirri, dimostrano che in alto le correnti di aria escono dalla zona di pressione minima per penetrare in quella di pressione massima.

Il complesso dei fenomeni atmosferici, che avvengono attorno ad un centro di pressione minina, dicesi *ciclone*. Secondo l'estensione e la regione, in cui si manifestano, i cicloni prendono i nomi di *cicloni propriamente detti*, *tifoni*, *tornados*, *turbini*, *trombe*.

La seguente fig. 471, tolta dal Bollettino sopra citato, rappresenta un piccolo ciclone che, nel giorno 5 ottobre 1884, a ore otto ant. aveva il centro fra Civitavecchia e Roma.

Studiamo brevemente ad uno ad uno i tre casi sopraccennati.

Avviene assai di rado, e solo per eccezione, che le linee isobariche siano parallele e poco incurvate. Tuttavia se ne hanno alcuni esempi fra due centri di pressione massima e minima. Nelle regioni degli alisei e dei monsoni la detta disposizione delle linee isobariche si incontra meno di rado. Non si ha mai esempio di un vento tempestoso con una simile distribuzione delle isobare, tutto al più si hanno brezze alquanto forti: lo stato del cielo è vario, però più sereno che nuvoloso; non piove quasi mai.

In generale i venti, che girano attorno ad un centro di pressione massima, si debbono considerare come facenti parte della circolazione atmosferica; ed il loro moto rotatorio ha solo per effetto di dare uno sfogo all'eccesso d'aria trascinato verso i poli dalle correnti equatoriali. Pertanto, attorno ai centri di pressione massima non vi sono mai venti fortissimi, e vi è bel tempo, perchè il vento centrale discendente è secco.

Una osservazione assai importante, che si può fare sugli anticicloni, è che essi o sono fermi, o hanno pochissima velocità di traslazione. Soltanto, quando un anticiclone si trova fra due cicloni, è costretto a seguirli, ma va sempre diminuendo di diametro; ben presto esso scompare, i due cicloni restano a contatto e si fondono in un solo. Talvolta un anticiclone precede un ciclone, ed è necessaria conseguenza del moto di traslazione di quest' ultimo: evidentemente allora la velocità è la stessa per l'uno e per l'altro, finchè dura il fenomeno.

Consultando i bollettini internazionali di Washington, si trova che nell'emisfero nord vi sono tre grandi centri di pressione massima quasi fissi, e attorno ad essi tre vastissimi anticicloni. Essi si trovano uno sull'Atlantico vicino alle isole Azzorre, uno in posizione corrispondente sull'oceano Pacifico, e l'altro sull'Asia centrale. Però vi sono ancora altri centri meno importanti e meno stabili, assai difficili a determinarsi. Sono, ad es., notevoli i centri di pressione massima, che si osservano non di rado sulla Russia centrale e sull'Africa settentrionale.

Nei cicloni dell'emisfero nord il vento gira in senso inverso agli indici di un orologio, in quelli dell' emisfero sud invece gira per lo stesso verso degli indici di un orologio. La ragione di ciò si deve ricercare nelle condizioni tesse, che vi danno origine. Se in una deter-

Digitized by Google

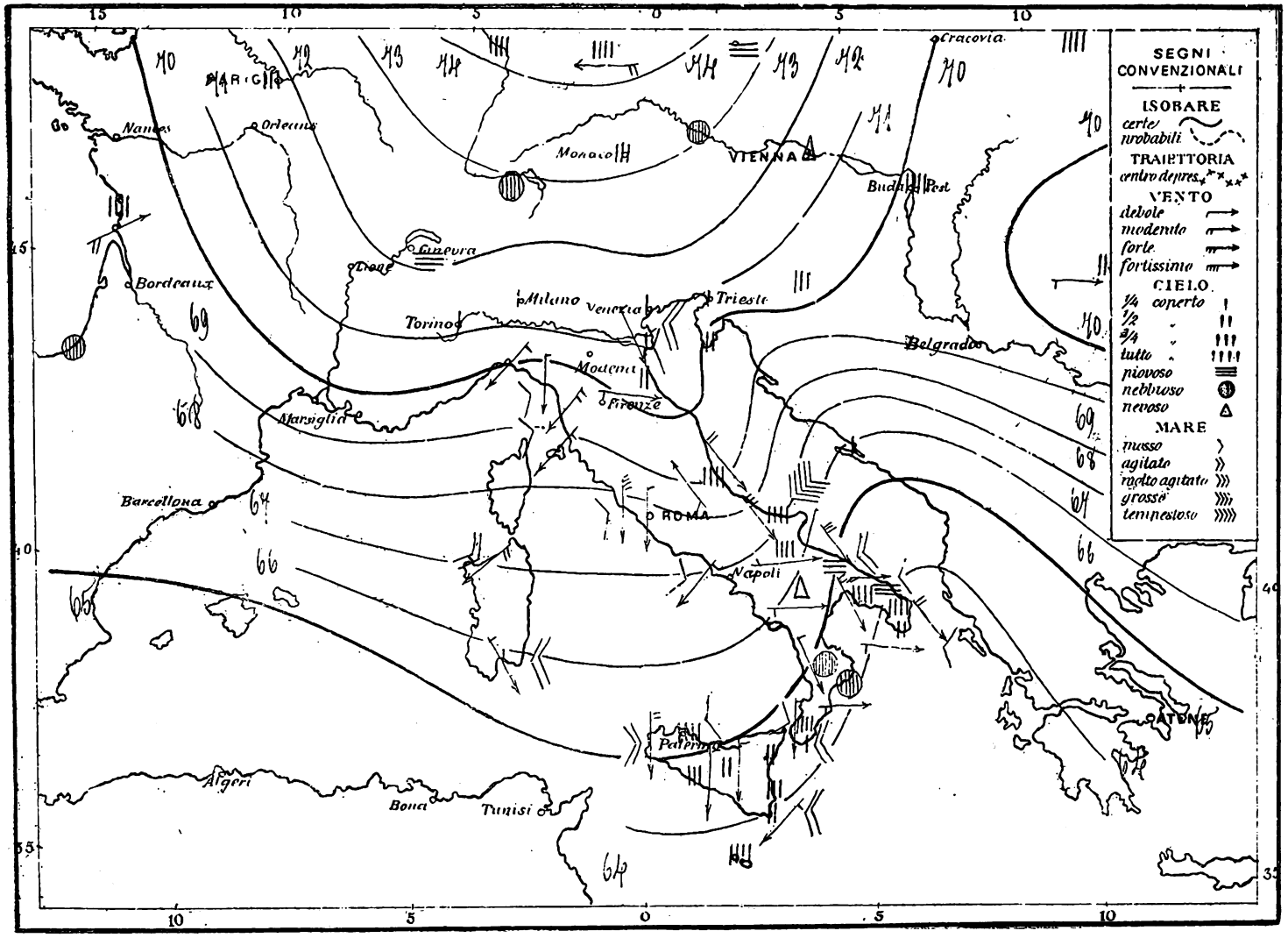


Fig. 469. — Isobare, venti, ecc. sul Mediterraneo addì 5 novembre 1884, ore 8 antim.

Digitized by Google

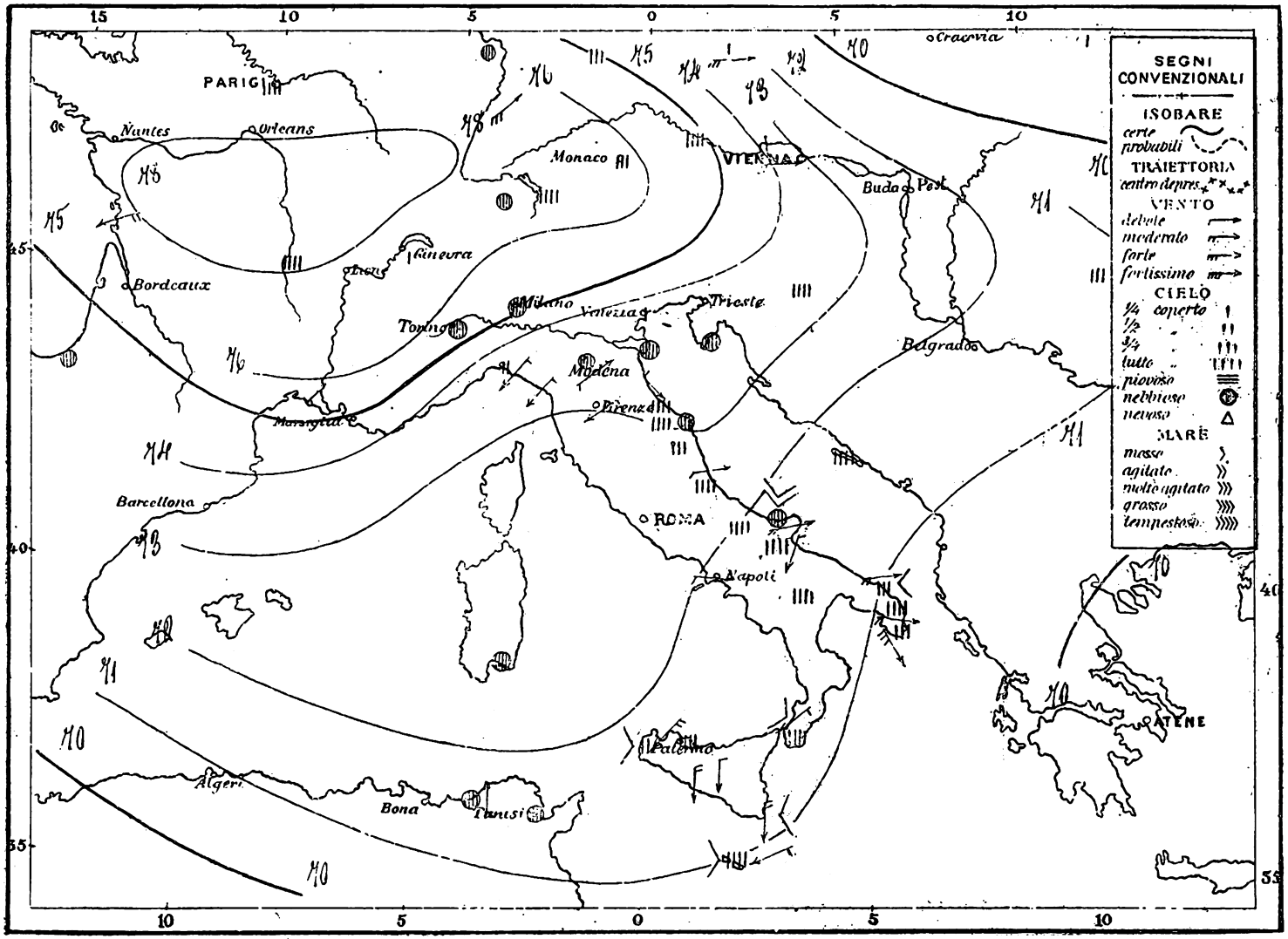


Fig. 470. — Anticiclone del 4 febbraio 1884.

Digitized by Google

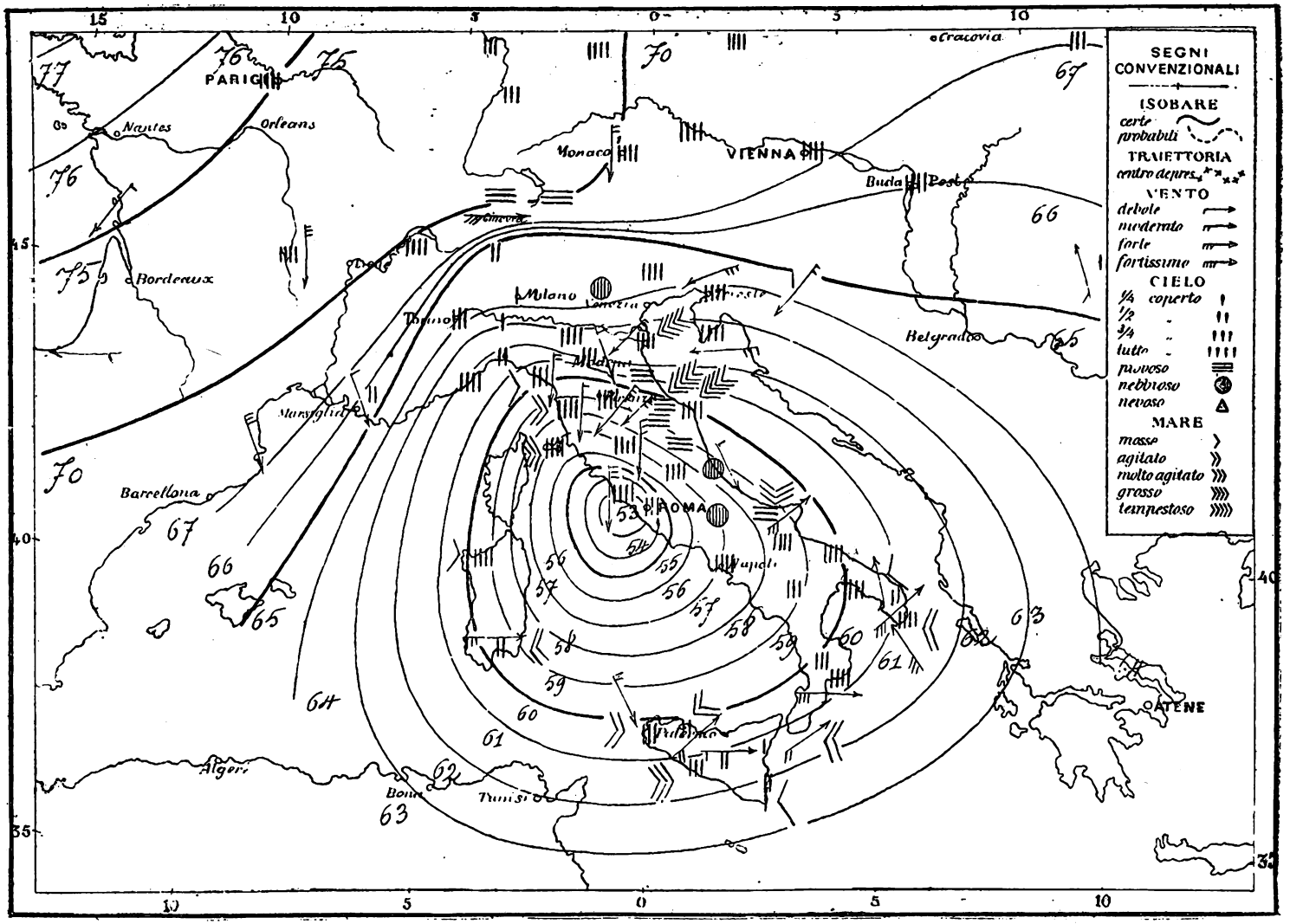


Fig. 471. — Ciclone del 5 ottobre 1884, fra Civitavecchia e Roma.

Digitized by Google

minata regione, equatoriale o tropicale, vi è bel tempo per alcuni giorni, il suolo sotto l'azione dei raggi solari si riscalda assai, e vi si forma un centro di aspirazione. Dapprima vi è equilibrio fra i venti dovuti alla circolazione generale atmosferica, e i venti che tendono a prodursi in quel luogo: poscia, crescendo l'energia dell'aspirazione, vi convergono da un lato i venti equatoriali e dall'altro i venti polari; i primi deviano all'ovest per il moto diurno della Terra; i secondi all'est; ed il moto rotatorio della tempesta resta determinato dalla direzione dei due venti che si incontrano.

Le figure 472 e 473 indicano, in modo teorico, come si producono i cicloni rispettivamente nell'emisfero nord e nell'emisfero sud. In esse AB, $\alpha\,\beta$ rappresentano i venti equatoriali, CD, $\gamma\ \delta$ i venti polari.

Il ciclone, essendo una colonna cilindrica di aria in rotazione, forma un nucleo, sul quale il vento esterno agisce come sopra una vela, per la legge della conservazione degli assi di rotazione. E, poichè le correnti atmosferiche più intense sono le superiori, così esse determinano il verso, per cui si muovono i cicloni. Perciò nell'emisfero nord i cicloni sono spinti verso NO. dall'aliseo superiore ES.; giunti ai

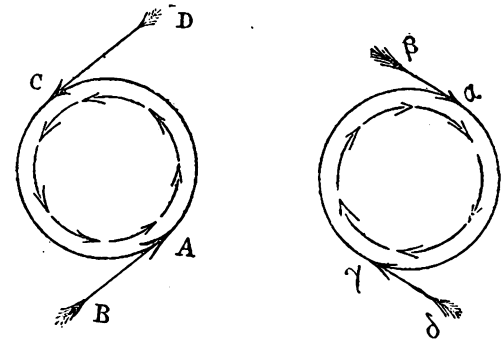


Fig. 472 e 473. — Formazione dei cicloni nei due emisferi.

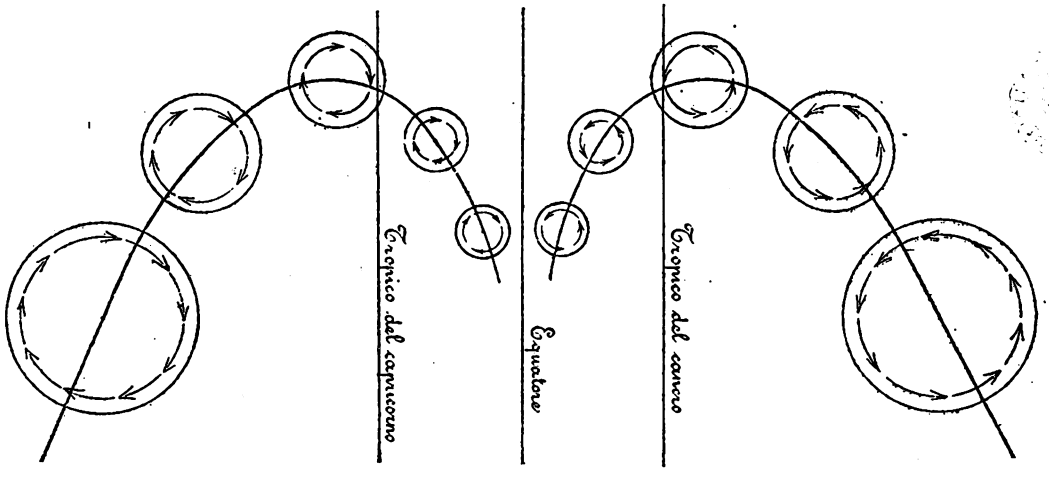


Fig. 474. — Traiettoria e successivo incremento dei cicloni nei due emisferi.

tropici sono spinti al N. e poscia al NE. dal contro aliseo superiore dapprima S., e quindi SO. Per analogia, nell' emisfero sud i cicloni dapprima si dirigono a SO., ai tropici vanno verso S., e infine verso SE.

Inoltre il diametro dei cicloni cresce continuamente propagandosi il moto rotatorio a masse d' aria sempre maggiori: ma diminuisce di altrettanto la forza del vento, finchè i venti esterni riescono a modificare il moto di rotazione, e cessa la tempesta.

La fig. 474 rappresenta la traiettoria ed il successivo incremento del diametro dei cicloni nei due emisferi.

Nei cicloni la velocità V del vento si compone in ciascun punto con quella T di traslazione nel modo rappresentato nelle fig. 475 e 476. In D le due velocità V di rotazione del vento, e T di traslazione del ciclone, essendo dirette nel medesimo verso, si sommano: nel punto E invece le due velocità V, T, essendo dirette per versi opposti, si sottraggono: epperciò la tempesta avrà maggior forza in D, che in E.

Distinguendo in un ciclone due semicerchii, uno di destra posto alla diritta della sua traiettoria, e l'altro di sinistra posto alla sinistra della traiettoria, risulta dalle cose dette che nell'emisfero nord il semicerchio di diritta è il più pericoloso, e quello di sinistra

Digitized by Google

il meno pericoloso o maneggevole. Nell'emisfero sud il semicerchio meno pericoloso è quello di destra. Si può ancora osservare che il semicerchio pericoloso è sempre situato dalla parte in cui la traiettoria è concava.

Una stessa tempesta produce effetti assai varii secondo la porzione di essa, che passa

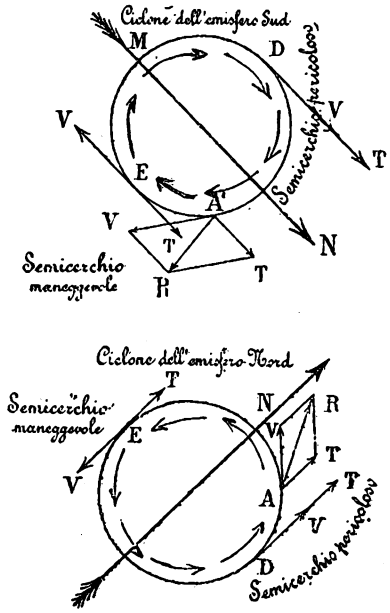


Fig. 475 e 476. — Semicerchi pericolosi e maneggevoli nei cicloni.

sopra un dato punto. Suppongasi che nell'emisfero nord un ciclone passi al disopra di un punto fisso A (fig. 477) posto sul diametro parallelo alla traiettoria. La parte della tempesta, che passa al disopra di A è AB; e dalla figura si scorge che in A vi è sempre lo stesso vento SSE., fino a che giunge la parte centrale del ciclone; allora vi è calma. Poscia, passata la calma, tutto ad un tratto il vento soffia dalla parte opposta NNO. colla stessa intensità che aveva prima.

Gli abitanti delle terre spesso devastate dai cicloni hanno gran cura di chiudere le porte e le finestre delle loro case dalla parte da cui soffia il vento, e di aprire dalla parte opposta, perchè durante la tempesta diminuisce tanto la pressione atmosferica, che l'aria rinchiusa nelle camere, avendo una forza elastica maggiore dell'esterna pressione, farebbe scoppiare i vetri delle finestre, lanciandoli al di fuori.

La parte di tempesta, che passa sopra un punto C posto nel semicerchio di sinistra, (fig. 477) è rappresentata da CC': in esso il vento assume successivamente le direzioni ESE, E, ENE, NE, NNE, N, NNO, e varia in senso inverso al moto apparente del sole. Invece sopra un punto D, posto nel semicerchio di destra, passa la porzione di tempesta DD', ed il vento prende le direzioni S,SSO, SO, OSO, O, ONO, e varia nello stesso verso del moto apparente del sole. Adunque nei cicloni dell'emisfero nord il vento varia come il sole nel semicerchio di destra, e contro il sole in quello di sinistra.

Esaminando la fig. 478, che rappresenta un ciclone dell'emisfero sud, si trova che il vento

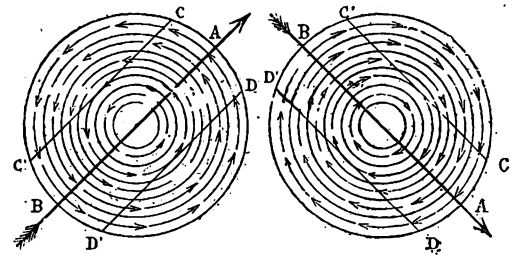


Fig. 477 e 478. — Semicerchio di destra e sinistra nei cicloni.

nei due semicerchi di destra e di sinistra varia esattamente come nell'altro emisfero, perchè è invertito tanto il verso di rotazione del vento, quanto quello di traslazione della tempesta.

Le opere che trattano degli effetti prodotti dai cicloni sono assai numerose, e non mancano certo gli elementi per fare descrizioni di tempeste di mare o di terra dotate di una violenza straordinaria. Non soltanto in mare sono gravemente danneggiati o anche affondati bastimenti, ma ancora in terra solide costruzioni sono scosse, e talvolta fatte rovinare, dall'azione del vento.

I cicloni dell'Atlantico settentrionale, più degli altri, si accostano al tipo teorico descritto e raggiungono le massime velocità di traslazione, che in alcuni casi si trovarono essere di 30 a 40 miglia all'ora, perchè nella parte occidentale dell'Atlantico, in cui di preferenza si formano e si svolgono le tempeste, dominano i venti equatoriali. Nell'oceano Pacifico settentrionale avvengono fenomeni analoghi. Invece nell'oceano Indiano nord i cicloni, indicati col nome di tifoni, hanno una debole velocità di traslazione, e, sebbene estesi e assai pericolosi, percorrono traiettorie assai limitate, essendo essi dovuti alle irregolari variazioni nel cambiamento dei monsoni, e svolgendosi entro i limiti della locale e speciale circolazione atmosferica.

Digitized by Google

Sul mare della Cina si formano violenti tifoni, che penetrano entro il continente durante il monsone estivo, e vi producono gravissimi disastri. Quando si è definitivamente stabilito il monsone invernale NE, i cicloni si formano più a levante, e la loro traiettoria non raggiunge più le coste del continente.

Sui cicloni dei grandi oceani dell'emisfero sud non si hanno a fare speciali osservazioni. Però sulle coste occidentali dell'Africa, tra il golfo della Guinea ed il capo di Buona Speranza, vi sono cicloni speciali, poco estesi, ma assai violenti, conosciuti sotto il nome di *tornados*. Essi hanno un diametro di due o tre miglia, cinque al più, si formano nell'interno del continente, e, muovendosi a rovescio di tutti gli altri, vanno verso il mare, e su esso percorrono ancora buon tratto. Nel loro cammino attraverso le foreste rovesciano gli alberi che incontrano, aprendo in esse larghe vie.

Sul mare Mediterraneo i cicloni sono poco estesi, ed in generale il loro moto di traslazione è lento: tuttavia riescono talvolta pericolosi. E qui cade in acconcio osservare che le tempeste del nostro mare non hanno un tipo speciale, costante. Alcuna volta esse non sono che una frazione di tempeste assai estese, il cui centro si trova sul golfo di Guascogna, sulla Francia o anche più lungi sull'Inghilterra; altra volta non sono che violenti colpi di vento dovuti alla gran differenza di temperatura fra il mare ed una vicina catena di montagne, come, ad es., le tempeste prodotte dalla bora sul mare Adriatico, dalla tramontana nel golfo di Genova, dal vento di terra variabile da NO. a SO. nel golfo Leone, ecc.; alcuna volta infine sono vere tempeste a tipo rotatorio, e allora si hanno i maggiori disastri.

Ora, perchè le tempeste a tipo rotatorio hanno tanta energia, e possono produrre così gravi danni? In che modo il vento può raggiungere tanta forza?

La causa di tanta violenza nei cicloni non si deve ricercare in una grandissima velocità iniziale del vento, ma bensì nella natura del moto rotatorio loro caratteristico.

I moti rotatorii nei fluidi variano all'infinito, ma si possono dividere in due grandi classi. Nella prima classe la velocità del fluido in rotazione va diminuendo dalla periferia al centro, in modo che nel centro diviene zero: in questo caso il numero dei giri, che fanno le diverse molecole attorno al centro, non cresce, diminuendo la distanza dal centro, ma rimane costante o anche diminuisce. Allora la forza centrifuga va pure anche diminuendo dalla periferia al centro, in cui diviene zero: il fluido in rotazione tende ad espandersi dalla parte della periferia, e, se è limitato, la sua superficie di livello è concava, e più propriamente un paraboloide di rivoluzione, oppure una superficie analoga al paraboloide. Questo non è il caso delle tempeste. Nella seconda classe di moti rotatorii il fluido ha una velocità costante in tutti i punti, oppure una velocità tale che, anche nel centro, essa non diviene zero, ma conserva ancora un certo valore. Se la velocità anche vicino al centro è ancora apprezzabile, il numero dei giri fatti dalle molecole cresce assai rapidamente col diminuire della distanza dall'asse di rotazione, nel quale diviene infinitamente grande. Divenendo grandissimo il numero dei giri, diventa pure grandissima la forza centrifuga: allora, qualunque siasi l'ostacolo che vi si oppone, il fluido è lanciato via, e si forma necessariamente un vano centrale. Non occorre adunque immaginare nei venti velocità iniziali grandissime, poichè basta che essi prendano a girare in tal modo, che la velocità abbia ancora un certo valore nell'asse, affinchè in esso la forza centrifuga assuma valori grandissimi, e sia capace di produrre i più grandi fenomeni. Il vano, che tende a formarsi attorno all'asse di una tempesta, ha la forma di un tubo foggiato ad imbuto alla parte superiore. Con linguaggio matematico si dice che il vano centrale è limitato da una superficie di rivoluzione generata da una curva logaritmica, o iperbolica, o analoga all'iperbolica. L'aria si precipita nel vano centrale, o dalla parte inferiore, o dalla superiore, e prende un moto rotatorio di specie diversa da quello dell'aria involgente, cioè uno dei moti della prima classe.

L'aria in rotazione tende a conservare la specie di moto, che ha, con tanta energia, che sotto l'azione di un impulso esterno si trasporta tutta insieme come una trottola, ed oscilla intorno alla sua posizione di equilibrio a guisa di un pendolo, o meglio di una fune non tesa, alla quale si imprimano scosse.

Nei cicloni avviene ancora un fenomeno assai importante, che spiega come sulla loro parte anteriore si abbiano pioggie torrenziali. Il moto rotatorio del vento non è esattamente circolare, ma bensì a spirale convergente verso il centro; inoltre, sul davanti della tempesta, il moto rotatorio si propaga a nuova aria, mentre sulla parte posteriore altra aria cessa di essere in rotazione: perciò il vortice fa il

Digitized by Google

suo cammino, e l'aria resta relativamente poco spostata. Nell'emisfero nord oltre il tropico, le masse d'aria, successivamente trascinate a far parte della tempesta, sono messe in moto da SO. verso NE, e costituiscono un vento equatoriale caldo, che sul mare si carica di vapori: questo vento in seguito si raffredda per espansione, nell'avvicinarsi al centro di pressione minima, e per contatto coi venti polari; perciò lascia condensare gran parte dei vapori, che contiene, producendo così le pioggie torrenziali sulla parte anteriore della tempesta. Infine nella evaporazione dapprima, nella condensazione poscia, si svolgono enormi quantità di elettricità, e dalle nubi partono continue e forti scariche elettriche. Nell'emisfero sud la posizione della zona di pioggia rispetto alla tempesta corrisponde esattamente a quella dell'emisfero nord, ed anche i venti si comportano in modo del tutto analogo.

Similmente, in tutti e due gli emisferi il vento, che dapprima era equatoriale, caldo ed umido, depone quindi il vapor d'acqua, si raffredda, e, continuando nel moto rotatorio, a poco a poco diviene vento polare, e come tale soffia nella parte posteriore della tempesta: allora ben presto scaccia le nubi e apporta il bel tempo. Pertanto in un dato luogo, prima del passaggio di un ciclone, la temperatura è relativamente alta, e cominciano a dominare i venti equatoriali: avvicinandosi la tempesta, il cielo si copre di dense nubi, i venti equatoriali crescono di forza, incomincia una pioggia dirotta, e la temperatura si abbassa rapidamente; infine il vento varia a tramontana, il tempo si fa secco e freddo, ed il ciclone è passato.

Sul mare le masse d'aria, che entrano man mano a far parte di un ciclone, vi apportano sempre nuove e grandi quantità di vapor d'acqua; questo, condensandosi, lascia vuoto un certo spazio; l'aria, occupandolo, diminuisce di forza elastica, e ne segue un nuovo abbassamento di pressione, per cui la tempesta cresce in forza ed in diametro.

Sui continenti invece la nuova aria, che entra in rotazione, apporta poco vapor acqueo, è minore la quantità di vapore che si condensa, e la pressione, anzichè a diminuire, tende a crescere: per altra parte l'attrito dei venti contro il suolo e contro le catene di montagne è assai maggiore che sul mare, ed anche per questa ragione la tempesta va rapidamente decrescendo, e ben presto cessa. L'azione delle catene di montagne sui cicloni varia assai secondo l'estensione in diametro e in altezza dei cicloni stessi, e la posizione relativa dei monti. In generale, se la catena dei monti è quasi parallela alla traiettoria della tempesta, questa si sdoppia in due, che si muovono l'una a destra, l'altra a sinistra della catena. Il P. Dechevrens, studiando i cicloni proprii del mare della Cina, osservò più volte che essi erano sdoppiati dai monti, che attraversano l'isola Formosa. Quando la catena dei monti è perpendicolare alla traiettoria della tempesta, o cessa il moto rotatorio, e si hanno solo forti colpi di vento, oppure la tempesta resta assai indebolita. Ad es., i cicloni che dal golfo della Guascogna vanno verso le Alpi, giunti colà, in generale si scompongono e solo di rado conservano ancora il loro moto rotatorio dall'altra parte dei monti. Però ho notato che alcune volte un ciclone, incontrando la catena delle Alpi, si divide in due, di cui uno si muove verso NE. e l'altro verso SE. e per contraccolpo si forma un terzo piccolo ciclone nella valle del Po.

Oltre ai turbini ad asse verticale ve ne sono altri ad asse orizzontale. In questi la gravità non vi ha alcuna parte, perchè l'aria in rotazione è sostenuta da quella involgente, ed alla forza centrifuga si oppone unicamente la pressione esterna. Se si forma un tale moto rotatorio, che la forza centrifuga cresca a misura che diminuisce la distanza dall'asse, allora dai punti in cui la forza centrifuga e l'esterna pressione si equilibrano, fino all'asse, tende a formarsi il vuoto, e la massa d'aria in rotazione nel modo indicato resta internamente limitata da una superficie cilindrica generata da una retta parallela all'asse. A misura che si forma il vuoto interno, l'aria vi si precipita dalla parte in cui la temperatura è minore e la pressione maggiore. Pertanto sulla stessa verticale coesistono tre correnti, delle quali l'inferiore e la superiore, dirette per versi opposti, appartengono al moto rotatorio, e quella di mezzo è dovuta all'aria che si precipita nel vano centrale, ed è perpendicolare alle altre due. Con questa teoria si spiega completamente la formazione della grandine, poichè si hanno tre venti sovrapposti, fra i quali il più freddo è quello di mezzo, e si ha moto vorticoso capace di produrre i più grandi effetti meccanici. Questa teoria è mirabilmente confermata dalla descrizione fatta dal prof. Secchi (1) di una grandinata avvenuta a Grotta-ferrata, a Marino

(1) *Annuario Scientifico ed Industriale* 1876. pag. 140.

Digitized by Google

e a Castel Gandolfo, il 26 agosto 1876. Egli aveva osservato distintamente il moto rotatorio ad asse orizzontale, e al medesimo aveva attribuito la formazione della grandine. Però non aveva cercato quale è la natura dei turbini ad asse orizzontale.

I vortici ad asse orizzontale possono anche formarsi nel mezzo di quelli ad asse verticale, perchè in quella parte vi sono certamente correnti d'aria ascendenti o discendenti, e correnti orizzontali, le quali, urtandosi, diventano causa del nuovo moto rotatorio, e quindi anche di forti grandinate. Però questi vortici ad asse orizzontale sono molto più frequenti presso le alte catene di monti, le quali possono esercitare sui venti azioni molto diverse.

Sia ABC (Fig. 479) la sezione di una catena di montagne, e sia MN un vento in direzione perpendicolare alla catena stessa. Se MN è un vento poco alto e debole, allora sale lungo AB raffreddandosi; il vapore acqueo in esso contenuto si condensa, e cade pioggia o neve. Giunto in B, il vento discende lungo BC, nella caduta si riscalda, e diventa caldo e secco. Questo importante fenomeno è ora assai noto, ed i venti che lo costituiscono prendono, come vedemmo, il nome di föhn.

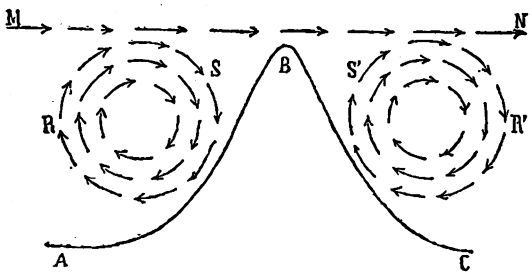


Fig. 479 — Vortici ed asse orizzontale.

Se MN è invece un vento alto e impetuoso, allora urta contro la sommità B, discende da B verso A, e, risalendo in R, forma il circuito RS ad asse orizzontale.

Dall'altra parte BC, della catena di montagne, essendo minori le pressioni laterali esercitate dall' aria in moto, vi è richiamo d'aria da C verso B, e si forma pure un altro circuito R′ S′ ad asse orizzontale. Così avvenne, ad es., vicino alle Alpi il 15 gennaio 1877. Su tutta l'Europa occidentale dominava un forte libeccio appartenente ad un ciclone, che aveva il centro sull' Inghilterra, e frattanto a Grenoble e a Moncalieri il vento inferiore era grecale, perchè il libeccio, incontrando le Alpi, aveva dato origine a due circuiti secondarii nel modo che si è detto.

Dopo aver dimostrato che nell'atmosfera vi sono turbini ad asse verticale, e turbini ad asse orizzontale, riesce facile conchiudere che vi debbono anche essere turbini ad asse inclinato. Basta immaginare che si stabilisca un circuito ad asse orizzontale fra due luoghi vicini aventi temperature molto differenti, e che in quella regione sopraggiunga, o si formi per altra causa, un turbine ad asse verticale: i due moti, componendosi, diventano causa di un turbine ad asse inclinato.

Ora, i vortici ad asse inclinato non possono rimanere in equilibrio stabile, perchè i venti che li compongono, urtando contro il suolo e deviando per il moto rotatorio della Terra, tendono a divenire orizzontali o verticali. Pertanto, molto facilmente tali vortici si decompongono in due: uno ad asse orizzontale, che forma un temporale; l'altro ad asse verticale, che forma una tromba. Queste considerazioni teoriche, e lo studio dei temporali, mi avevano fatto persuaso che tale era veramente la teoria delle trombe; ma mi restava a dimostrarla vera citando fatti realmente avvenuti nel modo da me immaginato.

Il secondo compito mi riuscì cosa facile dopo la pubblicazione dell' opera di Finley sulle trombe che, nei giorni 29 e 30 maggio 1879, devastarono tanta parte degli Stati di Kansas, Nebraska, Missouri, e Jowa nell'America settentrionale. Egli descrisse colla massima esattezza le condizioni meteoriche, che furono causa delle trombe, e gli effetti da esse prodotti.

Dalla descrizione fatta risulta che nei giorni 29 e 30 maggio 1879 sull'America settentrionale vi erano venti freddi da O. e da NNO. dintorno alle montagne Rocciose, e venti caldi da S. e da SSE. dalla parte dell' oceano Atlantico. Questi venti appartenevano a due anticicloni, i cui centri si trovavano l'uno ad E. l'altro ad O. dell' America, ed incontrandosi avrebbero dato origine ad uno o più cicloni, se altre cause ancora non avessero turbata la circolazione atmosferica. Il suolo era assai riscaldato per il bel tempo e la calma di vento, che durava da parecchie settimane, perciò l'aria, riscaldandosi per contatto, tendeva a sollevarsi: inoltre i venti NNO. e NO. freddi e secchi, tendevano a formare la parte inferiore di una locale circolazione ad asse orizzontale, mentre i venti S. e SSE., caldi e umidi, tendevano a formarne la parte su-

Digitized by Google

periore: e per queste ragioni doveva formarsi un turbine ad asse orizzontale.

Pertanto, non poteva formarsi in modo stabile nè un turbine ad asse verticale, nè un turbine ad asse orizzontale, e nei diversi luoghi si formava ora l'uno ora l'altro turbine, secondo le condizioni locali. Formandosi il turbine ad asse orizzontale, cadeva fitta e grossa grandine, oppure pioggia torrenziale; ma, non potendo durare questa specie di moto per le condizioni meteoriche esposte, ad un tratto nella nube del vortice ad asse orizzontale si formavano uno o più centri di rotazione ad asse verticale, ed in breve una o più trombe discendevano sino alle regioni inferiori dell'atmosfera.

Le trombe veramente distinte, che si formarono in quelle circostanze, furono tredici, ma qui si farà solo un breve cenno di due.

La tromba, detta *Barnard tornado*, cominciò a ore 3 m. 30 pom., e finì a ore 5 m. 10 pom. del giorno 29. Si formò nella parte meridionale della contea Holt, attraversò le contee Andrew, Nodaway, Gentry e forse raggiunse la contea Worth. La velocità di traslazione fu di circa 20 miglia all'ora. Il tornado, preceduto da una tempesta di grandine, si avanzò rovinando quanto incontrava sul suo cammino. La disposizione delle macerie e degli alberi rovesciati indicava chiaramente i due moti di rotazione e di traslazione. Nella direzione della via seguita dalla tempesta le macerie delle case, e più specialmente dei tetti, erano portate sino a quattro o cinque miglia di distanza. Parecchie persone furono sollevate dal suolo e trasportate per più metri: tutte quelle che videro il turbine, o vi furono involte, dichiararono che la nube o nebbia era così fitta, che sembrava potersi *tagliare col coltello*.

La tromba, detta Lee's Summit Tornado, cominciò a ore 5 m. 30 pom. del giorno 30, e durò due ore. Percorse 60 miglia da SO. a NE. nelle contee Cass e Jackson. La tromba oscillò lungamente nell'atmosfera prima di toccar terra, e ad un certo punto si suddivise in due, che poco dopo si riunirono di nuovo in una sola. Essa fu una delle più notevoli per la forza del vento, e per i gravi danni arrecati. Fra le altre distrusse la casa di un certo Warden, trasportò tutte le persone della sua famiglia alla distanza di oltre 20 metri in versi differenti secondo la direl vento nel punto in cui si trovavano. Ad una donna strappò i capelli e li lanciò a parecchi metri di distanza. Un ragazzo fu trasportato lontano 40 metri, e nelle sue cosce furono trovate conficcate due scheggie di legno, una delle quali fu riconosciuta appartenere ad una casa distante mezzo miglio.

La mia teoria fu in seguito confermata dallo studio fatto da Fineman sulla tromba del giorno 7 giugno 1882, nella valle di Säby, posta nella Svezia meridionale. Egli, notando che questa tromba ed il temporale che l'accompagnava si formarono nelle stesse condizioni meteoriche delle trombe e dei temporali studiati dal Finley, ne conchiuse che quelle sono condizioni necessarie per la formazione delle trombe.

Sul mare vicino al littorale Ligure si formano spesso trombe per l'urto dei venti, che provengono da due valli vicine. I marinai ne osservano talvolta due o più sul capo di Noli, sul capo di Mele, ecc.

Nella valle del Po i temporali e le trombe vi assumono in parte caratteri speciali. In quella valle regna quasi costantemente calma di vento, perchè tanto la circolazione atmosferica generale, quanto la circolazione locale, che si stabilisce fra le Alpi, gli Appennini ed il mare, non si estendono sino al fondo della valle, ma rimangono tangenti alle catene di montagne, tanto che il vento inferiore dista duecento o trecento metri dal fondo della valle. D'estate l'aria nella valle si riscalda assai, e sollevandosi tende a formare una circolazione speciale fra il piano ed i monti. Se in quelle condizioni vi si propaga un moto vorticoso ad asse verticale, si hanno tutti gli elementi per la formazione dei temporali e delle trombe.

All'afa opprimente, alla calma di vento succede ad un tratto un vento impetuoso, si accumulano rapidamente nubi temporalesche, dalle quali partono frequenti e vivi i lampi, forti e prolungati i tuoni: ben tosto cade una pioggia dirotta; e spesso una forte grandinata distrugge i raccolti in una intera provincia. Talvolta il temporale è accompagnato da una o più trombe, e allora annose piante sono divelte, i tetti delle case sono disfatti, e l'opera di devastazione è completa. Muovendosi verso levante, in poche ore il temporale passa, ritorna il bel tempo e la calma abituale: solo il contadino, che ha perduto il frutto di lunghe e dure fatiche, non si conforta al nuovo sorriso della natura.

Digitized by Google

CAPITOLO V.

ACQUA NELL'ATMOSFERA (1)

« Le nubi si formano per opera del sole, dai vapori acquei e dall'umida terra condensati nell' aria, e per la loro natura caliginosa si possono vedere cogli occhi, non già toccare con mano; e siccome non sono fermate da nessuna radice, sono spinte qua e là dai venti, e finalmente dal calore sono sciolte in aria, o dal freddo in pioggia ».

BOCCACCIO, *De Geneal. Deorum*, lib. IX. cap. 27, nella traduz. di ATT HORTIS, op. cit. pag. 18.

1. Le superficie delle acque, siano nello stato liquido, ovvero in quello di nevi o di ghiacci, i tappeti di vegetazione, che così largamente si stendono sul globo, le funzioni naturali della vita animale, nonchè molti dei fatti che si collegano colla vita domestica, colle arti e colle industrie, cooperano a fornire incessantemente un tributo di vapore acqueo all' atmosfera. È noto come la presenza del vapore acqueo nell'aria eserciti un'influenza grandissima sulla maggior parte dèi fenomeni che vi succedono, cominciando dal fatto ottico della trasmissione della luce e terminando col fatto meccanico della pressione atmosferica.

Le funzioni fisiologiche della vita animale e vegetale, e i procedimenti artificiali, che derivano dai bisogni della vita domestica ed industriale, hanno soltanto una secondaria importanza nel produrre il vapor acqueo esistente nell'atmosfera, il quale in copia senza confronto maggiore si sviluppa mediante il semplice processo dell'evaporazione, che si solleva da qualsiasi superficie coperta di acqua o bagnata od anche puramente umida, e persino dai semplici campi di neve e di ghiaccio. Di regola, e a parità di circostanze, la quantità di evaporazione (cioè la quantità di acqua, che si converte in vapore), sta in ragione della estensione della superficie evaporante. Però la temperatura dapprima, poi la secchezza dell'aria sovrastante, da ultimo lo stato di moto o di quiete, in cui questa e la superficie evaporante stessa si trovano, esercitano una influenza notevolissima sulla quantità di vapore che si solleva da una data superficie.

È cosa troppo nota che la causa principale della evaporazione risiede nel calore, perchè noi dobbiamo ripeterla adesso: e parimenti è notissimo che quanto più alta è la temperatura, tanto più copiosa è la evaporazione. Siccome poi l' aria non ha infinita capacità a ricevere il vapore acqueo, allorchè questo le viene fornito in grande copia, arriva un istante, quello della saturazione, in cui non può ricevere ulteriori particelle d' acqua allo stato di vapore. In tal caso l' evaporazione cessa del tutto, mentre essa è massima quanto più l'aria è secca, cioè quanto più è lontana dal suddetto stato di saturazione. Ma se uno strato d'aria rimane immobile sopra una determinata superficie evaporante, andrà continuamente caricandosi di vapori, cioè andrà sempre più avviandosi verso lo stato di saturazione, rendendosi sempre meno atto a ricevere le particelle che evaporano. Un movimento atmosferico, che sostituisca quello strato d'aria già carico di vapori, con un nuovo strato di aria secca, favorirà un nuovo e più vivo sviluppo di vapori. Il vento, che in tal guisa, eccita una più copiosa evaporazione, allorchè si tratti di vapori acquei, vi coopera altresì agitando il liquido che evapora, poichè, producendo in esso

(1) TISSANDIER, *L' océan aérien*, Paris, Masson, 1884, pag. 85; — FLAMMARION, *L'atmosfera*, pag. 581; — HUGUES, *Geogr. fisica*, pag. 222; — MOHN, *Elementi di Meteorologia*, trad. dal RAGONA e già citati, pag. 146 del testo e 93 delle note; — Id. ediz franc. pag. 223; — SUPAN, op. cit., pag. 88; — PESCHEL-LEIPOLDT, *Physische Erdkunde*, Leipzig, Duncker et Humblot, 1880, vol. 2.° pag. 239 e seg.; — HANN, HOCHSTETTER, *und* POCKORNY, *Unser Wissen von der Erde*, pag. 131 e seg.; — HANN, *Handbuch der Klimatologie*, pag. 97, 175, 205 ed altrove; — SCHMID, *Lehrbuch der Meteorologie* cit., pag. 594 e seg.; — RÉCLUS, *La Terre*, pag. 334 e seg.; — RAGONA, *L' umidità*, Milano, Treves. 1873; — GÜNTHER, *Geophysik*, Parte 2.ª 1885, passim; — MÜLLER, *Kosm. Phys.*, pag 676.

Digitized by Google

increspature ed onde, ne aumenta la superficie evaporante. È forse ad una causa analoga a questa che si deve attribuire il fatto per il quale fra due superficie eguali, una rappresentante uno stagno e l'altra una prateria bagnata, quest'ultima, per un tempo determinato, offre una evaporazione più abbondante, a motivo che le faccie delle foglie, le superficie degli steli e dei fili d'erba cooperano ad accrescere in guisa notevole la estensione della superficie evaporante. Invece, il contrario succede in una foresta, se presa nel suo complesso, poichè in essa l'accumulamento dei tronchi e dei rami crea una grandissima quiete d'aria, e per giunta la chioma di frondi, a guisa d'ombrello, impedisce l'ascesa del vapor acqueo. Epperciò, fra il suolo e l'ammasso delle foglie superiori si formerà uno strato d'aria satura di vapori, che impedirà una ulteriore evaporazione. Però lo strato foglioso superiore della foresta, considerandolo isolatamente, si vedrà che si contiene come la prateria menzionata (1).

Da quanto dicemmo è facile dedurre come il fenomeno della evaporazione, per quanto riguarda la maggiore o minor copia secondo cui essa ha luogo, subisce una distribuzione geografica dipendente in massima parte dalle linee isotermiche, ma influenzata notevolmente dai venti dominanti, nonchè dalla morfologia terrestre, ovvero, in altre parole, dalla disposizione delle terre e delle acque sul globo.

Causa la moltiplicità delle cause perturbatrici di questo fenomeno, e, dicasi pure, causa la difficoltà di rilevarlo in modo esatto, si ha fin adesso troppo scarso materiale per poter riassumere in un quadro sintetico, costituito sulla base di dati veramente attendibili e comparabili fra loro, questo fenomeno dell'evaporazione a varie latitudini. Così, per esempio, secondo l'Haughton (2), l'evaporazione annua media all'equatore sale a 2286^{mm}. Ma dati, veramente un po' vecchi (3), ci dicono a che Cumana, a circa 10° di latit. settentrionale, essa sale a 3520^{mm}. all'anno; e d'altra parte dati più recenti del Blanford (1) limitano a soli 940^{mm}. quella del golfo del Bengala.

(1) In generale si calcola che nella foresta l'evaporazione sia da 2 a 3 volte, e, secondo alcuni, anche a 5 volte minore che all'aperto. Quanto però alla evaporazione, di cui è suscettibile la pianta colla sua chioma fogliosa, è curiosa la ricerca dello Pfaff. Avendo egli assoggettata a un particolare esame una quercia, trovò ch'essa contava 700,000 foglie, delle quali ognuna aveva in media 2325 mm. quadrati di area, e che dal 18 maggio al 25 ottobre essa per evaporazione perdette non meno di 120062 chilogr. d'acqua. GÜNTHER, *Geophysik*, pag. 245.

(2) HANN, *Klimat.*, pag. 81.

(3) SCHMID, *Lehrb.* ecc., pag 596, che li toglie dallo Schübler (1831).

D'altra parte, la evaporazione media annua a Vienna si computa (media di 5 anni) eguale a 711^{mm}; a Parigi (11 anni) a 758^{mm}.; a Londra a 650^{mm}; sempre tenendo conto che in tutte queste stazioni le osservazioni sulla evaporazione acquea sono impossibili durante i mesi del gelo.

Tuttavia, mentre è certo che si deve riconoscere una tal quale influenza della latitudine sulla quantità di evaporazione, è certo ancora che questa influenza resta sovente soverchiata da altre cause. Ecco, per esempio, la evaporazione media annua avvertita nel settennio 1868-74 in alcune stazioni italiane poste a diverse latitudini, alla quale si aggiunge la media di un quadriennio ricavata a Modena dal Ragona (2).

Stazioni	Latit.	Evapor.
Palermo . . .	38°7′ . . .	1495^{mm}
Roma	41 54 . . .	2621
Livorno . . .	43 33 . . .	1766
Alessandria . .	44 54 . . .	1895
Modena . . .	44 39 . . .	2549

Dal che si può arguire che le stazioni poste entro terra siano probabilmente soggette ad una evaporazione maggiore delle stazioni marittime. Ciò emerge altresì da alcune recenti osservazioni russe, che riguardano varie località poste a diverse distanze dalle coste, e che comprendono un medesimo periodo di tempo (3). Così, per esempio, Astracan e Chiscinef, che si trovano fra i 46° e i 47° di lat. settentrionale, ma a non grandissima distanza dal Caspio e dal Nero, presentano una evaporazione rispettiva di 740 e di 630^{mm}, durante quello stesso periodo (specialmente estivo) in cui Acmollinsc, posta oltre il 51°, ma ben internata nel continente asiatico, ne presenta una di 1040^{mm}. Lo stesso fatto si riscontra anche nella penisola iberica, dove, per esempio a Campo Major, posto fra le montagne dell'Alemtejo, si nota una evaporazione annuale di 2209^{mm}, mentre a Lisbona e a Lagos, entrambi porti di mare, essa arriva rispettivamente soltanto a 1744 e a 1483^{mm}, all'anno. Però a Madrid, sull'altopiano della N. Castiglia, sale a soli 1067^{mm}. mentre a Murcia, posta a non grande distanza

(1) HANN, ivi.

(2) MOHN, *Annotaz.*, pag. 25. Al Cairo, ma ignoriamo per quale periodo, l'evaporazione media annua si calcola eguale a 2206^{mm}. FISCHER, *Studien über das Klima der Mittelmeerländer*, Gotha, Perthes, 1879, pag. 29.

(3) HANN, pag. 99.

Digitized by Google

dal mare, raggiunge il ragguardevole valore di 2111mm. (1). Tali divergenze mostrano quindi essere assai grande la influenza delle circostanze locali su questo fenomeno. Così, ad esempio, le osservazioni russe mostrano sopratutto notevole la influenza della aridità del suolo e della conseguente secchezza dell'aria; difatti, nel medesimo periodo or ora accennato, ai due forti di Nucuss (lat. 42° 1/2 e long. 59° 1/2) e Petro Alexandrovsc (latitudine 41° 1/2 e long. 61°, sempre E., da Greenwich) posti nell'aridissimo basso piano del Turchestan, si osservarono rispettivamente 1930 e 2320mm., mentre a Ssalair, poco lungi da Barnaul in Siberia, e a Pietroburgo, si ebbero rispettivamente soltanto 640 e 300mm di evaporazione.

Secondo il Ragona le osservazioni italiane mostrano poi un altro fatto, che cioè la evaporazione media annua generalmente diminuisce col crescere dell'altezza delle stazioni nelle quali si osserva.

Da quanto dicemmo è ovvio arguire come la evaporazione in uno stesso luogo segua un periodo diurno ed uno annuo. Il periodo diurno è difficilissimo a precisarsi. Il periodo annuo segue generalmente quello della temperatura, però subendo le influenze del vento e della umidità dell'aria. A Modena la media evaporazione diurna si può computare nell'inverno pari a 0.mm 76; nella primavera a 2.74; nell'estate a 4.81; nell'autunno ad 1.81; nella media annua a 2mm.53 al giorno. Ciò porta che per Modena la quantità totale d'evaporazione nell'inverno sale a 226, nella primavera a 717, nell'estate a 1126, nell'autunno a 480, nel complesso dell'anno finalmente a 2549mm.

Il mese della massima evaporazione è quasi dovunque il mese più caldo dell'anno: il luglio o l'agosto nell'emisfero settentrionale; il dicembre o il gennaio nell'emisfero meridionale; e l'inverso succede per quello della evaporazione minima. Così, per esempio, a Sidney (34° circa di latitudine S.) in dicembre si nota un'evaporazione di 170mm cioè quasi quintupla del luglio (36mm), mentre nelle stazioni italiane è massima dovunque in luglio, salvo che in Roma, dove il massimo si registra in agosto. Nelle stazioni della Scozia orientale il massimo si nota in giugno, con 114mm contro 30mm che si notano in gennaio. A Vienna il massimo (113mm) si segnala in luglio, il minimo (13mm) in gennaio. Queste ultime ed altre osservazioni analoghe accennano a mostrare altresì come le differenze fra le quantità di evaporazione nei mesi estremi crescono colla latitudine o meglio col crescere delle amplitudini annue delle temperature medie dei mesi estremi, le quali poi crescono colle latitudini.

2. Ora, tutta la massa di molecole acquee evaporate che s'inalzano incessantemente dalle superficie acquee, avrebbe una naturale tendenza a diffondersi tutto all'ingiro del globo involgendolo in un'atmosfera di vapore. Senonchè il vapore acqueo non si svolge già nel vuoto, ma sibbene nell'atmosfera aerea, che a sua volta circonda la Terra. Da ciò sorge una mutua azione fra il vapore acqueo e l'aria in cui esso penetra. Di consueto le molecole vaporose si sollevano dalla superficie evaporante senza rendersi visibili, anzi è solo per via di ragionamento e cioè osservando l'asciugarsi degli strati bagnati, ovvero la diminuzione nel livello delle masse liquide, che noi possiamo arguire la dispersione dell'acqua per mezzo dell'evaporazione. Epperciò non potendosi, se non in rarissimi casi, ammettere che l'aria resti spostata dalla massa del vapore svolgentesi, si deve ritenere che fra i due corpi succeda una specie di compenetrazione mutua. I due corpi, mescolandosi in tal caso, subiscono poi assieme e indifferentemente l'azione dei moti esteriori e quindi vengono agitati dal vento, come fossero una sostanza sola e contuttociò l'aria presenta un peso specifico più grande del vapor acqueo, il quale, ad onta che questo fatto darebbe ragione a credere che dovesse inalzarsi traverso le molecole d'aria come farebbe una massa d'olio traverso l'acqua, rimane misto coll'atmosfera diminuendo di densità in ragione dell'altezza, come essa fa, ma senza correre a disporsi, grazie alla propria leggerezza, negli strati superiori.

Però nella compenetrazione delle due sostanze (aria secca e vapor acqueo) ognuna di esse esercita sulla massa totale una certa quantità di pressione, per cui la pressione, che noi leggiamo sopra un barometro, non rappresenta veramente quella dell'aria secca, ma bensì quella dell'aria assieme a quella del vapore col quale è compenetrata. Questa seconda pressione si chiama anche *tensione del vapore* od *umidità assoluta*, e si esprime in millimetri, come già la pressione atmosferica, poichè si può supporre che una data tensione

(1) FISCHER, *Studien über das Klima*, ecc., pag. 29.

Digitized by Google

farebbe equilibrio ad una determinata colonna liquida di mercurio. Veramente un altro modo, e forse preferibile, di esprimere la umidità assoluta dell' aria sarebbe quello di presentare il peso del vapore acqueo contenuto in un determinato volume (metro cubo) d'aria. In seguito però a numerose esperienze, restò dimostrato che il peso del vapore contenuto nell'aria è quasi esattamente proporzionale alla tensione, e quindi i due termini possono, senza grave errore, essere usati scambievolmente.

In realtà, a una tensione del vapore doppia corrisponde un peso doppio, a una tensione triplice un peso triplice, e questo fino al limite possibile della tensione e del peso. Imperocchè il fenomeno ha un limite, oltre il quale non ha più luogo aumento di tensione. Questo punto, che si chiama *tensione massima*, corrisponde allo stato di saturazione dell'aria e si sposta sempre col crescere della temperatura. Il che, in altre parole, significa che la quantità di vapore acqueo capace di essere contenuta nell'aria e le corrispondenti tensioni son maggiori colle alte temperature, sono proporzionalmente minori colle basse temperature. La tabellina seguente esprime in millimetri la massima tensione del vapore a varie temperature e in grammi il corrispondente peso del vapore acqueo contenuto in un metro cubo d'aria, secondo gli esperimenti del Regnault e di altri fisici (1).

Temper.	Mass. tens. del vapore mm.	Mass. peso del vapore gr.	Temper.	Mass. tens. del vapore mm.	Mass. peso del vapore gr.
—20°	0.9	1.0	10°	9.2	9.4
—15	1.4	1.5	15	12.7	12.7
—10	2.1	2.3	20	17.4	17.1
— 5	3 1	3.4	25	23.5	22.8
0	4.6	4.9	30	31.5	30.1
5	6.5	6.8	35	41.8	39.2

Dunque, come si vede, almeno entro i limiti delle temperature consuete, i due fenomeni procedono di conserva fra loro e, ad un tempo, coll'andamento della temperatura stessa. Epperciò riescirà agevole inferirne come l'umidità assoluta dell'aria sarà distribuita sul globo in una maniera molto somigliante a quella, secondo la quale è distribuita la temperatura e, come questa, sarà soggetta ad un periodo diurno ed annuo. In realtà e salvo rare eccezioni, le curve grafiche destinate a rappresentare tale fenomeno presentano lo stesso andamento e la stessa figura delle linee isotermiche. Giova ancora aggiungere che nelle parti sovrastanti agli oceani esse sono notevolmente influenzate dalle isoterme superficiali marittime.

Il numero degli elementi sui quali si basano i riassunti generali risguardanti la distribuzione della tensione del vapore sul globo è ancora, a dir vero, troppo scarso finora per poter loro attribuire un valore assoluto; tuttavia questo si può dire, che essa diminuisce graduatamente dall'equatore al polo, però in modo irregolare, cioè tale da ingenerare un equatore di massima e due poli di minima umidità assoluta, diversi dall'equatore e dai poli terrestri ed oscillanti colle stagioni. Così, in gennaio v'è una zona di tensione superiore ai 20^{mm}. e in qualche sito, come in Australia e in Africa, spinta anche a 24 e a $26,^{mm}$, posta fra 0° e 20° di latitudine meridionale; mentre le regioni di minima, spinta anche a $0^{mm}.4$, si trovano nell'America settentrionale e in Siberia. All' opposto, in luglio, la zona della massima pressione (da 15 a 26^{mm}) si trova a nord dell'equatore, però con notevoli discordanze da luogo a luogo.

Nella estensione che occupa l'Italia, la influenza della latitudine si manifesta notevole su questo fenomeno, come risulta dalla tabellina che segue e che riassume la media tensione del vapore nel quindicennio 1866-1880 o, per lo meno (per Siracusa e Genova) nel decennio 1871-1880, in alcune stazioni italiane, poste a varie latitudini e tutte o sul mare o a breve distanza e in ogni caso a piccola altezza rispetto al mare medesimo (1).

	Tens. del vapore		Tens. del vapore
Siracusa	$11,^{mm}6$	Roma	$9.^{mm}7$
Palermo	11. 0	Livorno	9. 5
Napoli	10. 2	Genova	9. 0

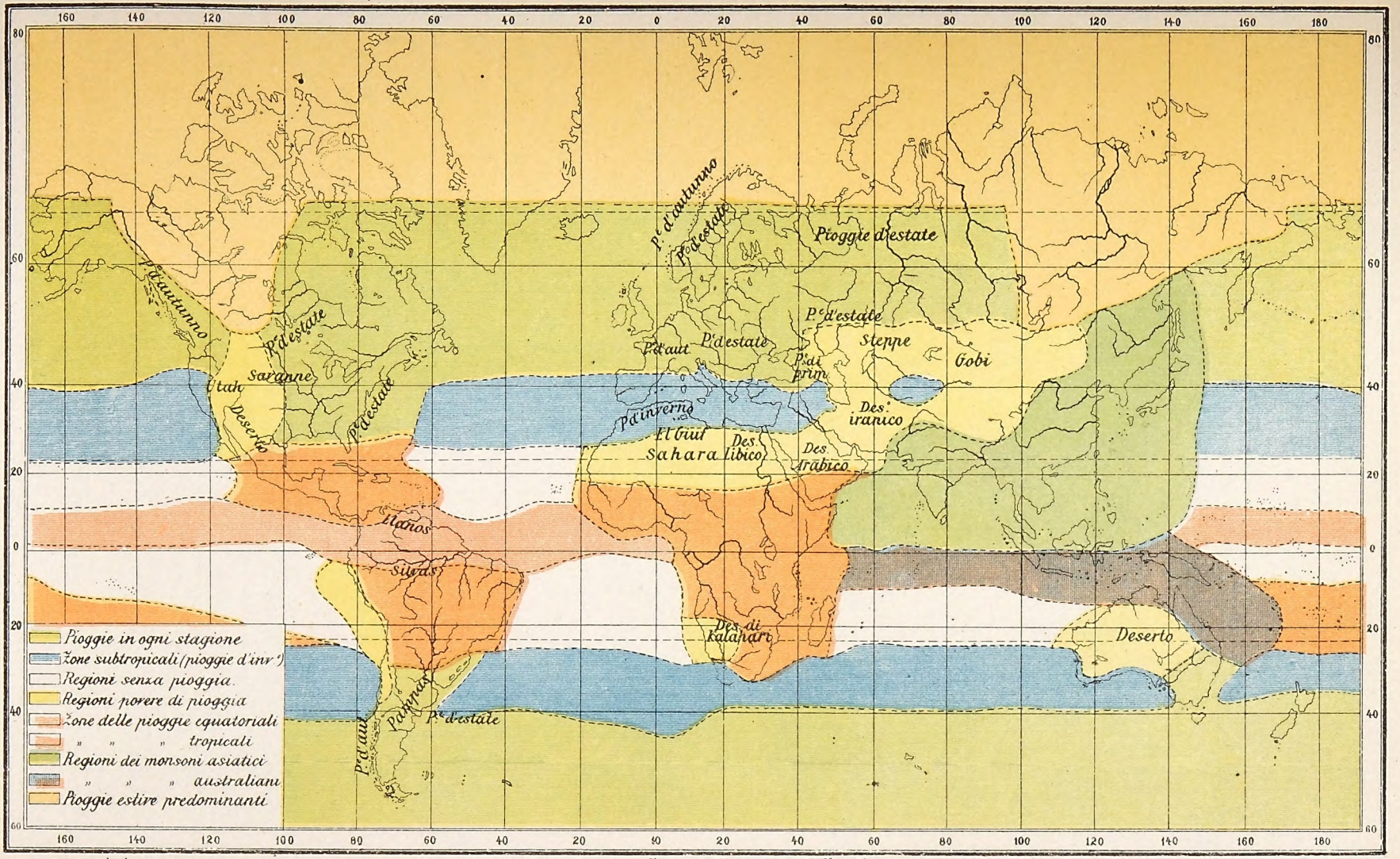
Anzi il Lugli, da uno studio condotto sopra una serie abbastanza lunga di osservazioni praticate in 45 stazioni italiane, austriache e svizzere, poste fra le latitudini di 37° 3' e 46° 47' N., avrebbe ricavato la seguente norma: che la pressione diminuisce di circa $0.^{mm}27$ per ogni grado di cui aumenti la latitudine; per il chè alle varie latitudini d'Italia, si avrebbe, riducendo la tensione del vapore al mare:

(1) *Tavole adusu della Meteorologia italiana*, 2.ª ediz., Roma, 1875, pag. 90 e 95; — *Annuaire de l' Obs. de Montsouris*, 1884, pag. 78.

(1) Vedi l'importante lavoro del dott. AURELIO LUGLI, *Sulla variazione della tensione del vapore acqueo in Italia, secondo la latitudine e l'altezza*, estratto dagli *Annali di Meteorologia*, Parte 1.ª, 1883., Roma, Sinimberghi, 1884.

Digitized by Google

DISTRIBUZIONE DELLE PIOGGIE SUL GLOBO



P. Porati inc. Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

Latitudini	Tens. del vap.	Latitudini	Tens. del vap.
37° . . .	11.mm 2	43° . . .	9.6
38 . . .	10. 9	44 . . .	9.3
39 . . .	10. 7	45 . . .	9.0
40 . . .	10. 4	46 . . .	8.8
41 . . .	10. 1	47 . . .	8.5 (1).
42 . . .	9. 9		

Aggiungiamo poi che a Vienna (20 anni di osservazioni) si ha una tensione media del vapore eguale a $6^{mm}.9$; a Berlino (10 anni) a $6^{mm}.7$; a Königsberg (10 anni) a $6^{mm}.5$; a Parigi, finalmente, a $7^{mm}.7$.

Il Ragona, qualche anno fa, aveva trovato che negli osservatorî italiani la tensione del vapore va diminuendo in ragione della loro altezza sul livello del mare. Perciò, raggruppandoli secondo l'altitudine, dalla media di un solo quadrennio egli aveva trovato che la tensione del vapore nelle stazioni *marittime* è eguale a $10^{mm}.4$; nelle *basse* a $9^{mm}.0$; nelle *alte* a $7^{mm}.9$. Più di recente il Lugli, con materiale assai più ricco e più elaborato, trovava che la tensione nella Italia media e meridionale diminuisce in ragione di 1^{mm}. per ogni 266^{m}. circa, ovvero di $0^{mm}37$ per ogni 100^{m}. d'altezza; che però questo non vale per le forti elevazioni, dove la diminuzione non è sempre regolare, nè pel versante alpino, dove in media si calcola eguale ad 1^{mm}. ogni 388^{m}. di maggiore altezza (2).

Non potendo diffonderci sui varî casi, nei quali questa norma è violata e passando alla variazione annua dell'umidità assoluta, troveremo che il suo andamento, questa volta, è perfettamente analogo a quello della temperatura.

(1) Il Ragona nelle *Annotazioni* alla *Meteorol.* del Mohn (pag. 43), servendosi di un solo quadriennio di osservazioni, aveva trovato che dalle stazioni italiane si poteva ricavare le tensioni medie del vapore seguenti pei varî paralleli.

Lat.	Tens. del vapore	Lat.	Tens. del vapore
37°	12.mm5	42°	9.mm6
38	11. 8	43	9. 1
39	11. 2	44	8. 7
40	10. 6	45	8. 3
41	10. 1	46	8. 0

(2) Ragona, l. cit.; Lugli, l. cit.

Prendiamo, a mo' d'esempio, le medie mensili di tale fenomeno ricavate in due stazioni collocate in condizioni ben diverse una dall'altra, Palermo e Vienna (V. Fig. 480). Quelle risultano da un undicennio, queste da un ventennio di osservazioni (1).

	Palermo mm.	Vienna mm.		Palermo mm.	Vienna. mm.
Dicembre	7.9	3.7	Giugno	13.9	10.0
Gennaio	**7.4**	**3.6**	Luglio	**16.1**	10.9
Febbraio	7.5	3.8	Agosto	15.7	**11.0**
Marzo	7.7	4.4	Settembre	15.0	9.3
Aprile	8.8	5.7	Ottobre	12.1	7.2
Maggio	11.1	8.2	Novembre	9.5	4.8

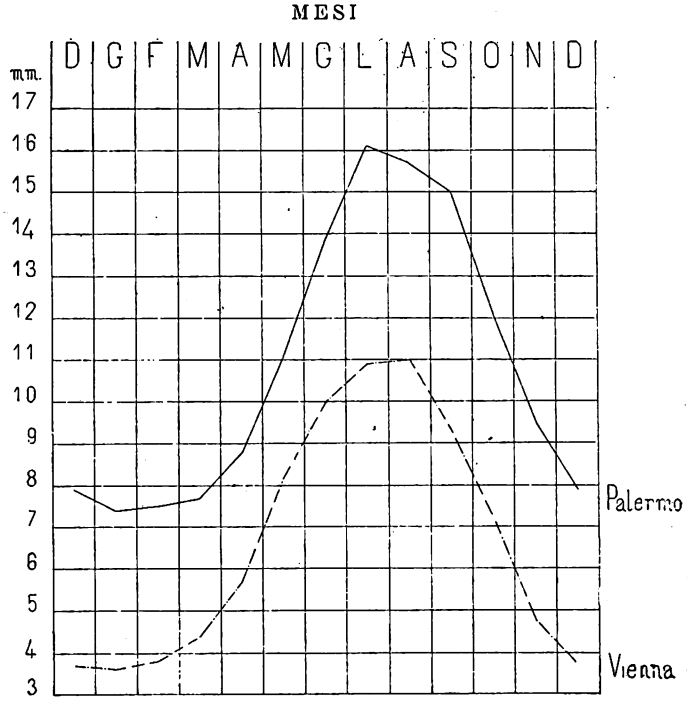


Fig. 480. — Tensione del vapore a Palermo e a Vienna nei varî mesi dell'anno.

La media annua a Palermo è uguale ad $11^{mm}0$, a Vienna a $6.^{mm}9$. In entrambe le stazioni il mese più freddo è il gennaio, e il mese più caldo il luglio; e realmente il mese della minima tensione in entrambe le stagioni è il gennaio; mentre per quello della massima l'accordo non è così spiccato, poichè a Vienna la tensione massima è alquanto in ritardo sulla massima temperatura. Del resto, l'andamento generale mostra una decisa concordanza fra i due elementi, concordanza che troverebbe la sua corrispondenza colle date

(1) *Ann. Statist. ital.*, 1881, pag. 14; — Hann, *Klimat.*, pag. 51.

Digitized by Google

di tensione e di temperatura media, minima e massima, coi valori delle escursioni e con altri consimili fatti (1).

3. Più interessante della tensione del vapore o della umidità assoluta, dal punto di vista climatologico, apparisce essere la *umidità relativa*.

Già vedemmo come la tensione del vapore contenuto nell'aria abbia un limite superiore, oltre il quale non può andare. Allorchè per una determinata temperatura è stato raggiunto questo limite di tensione massima — o, il che è lo stesso, quando il vapore acqueo contenuto in una massa d'aria ha raggiunto una tensione corrispondente alla temperatura contemporanea dell'aria, si dice che questa è *satura* di vapore acqueo, e *punto di saturazione* si dice l'istante in cui tale limite è raggiunto. Da quanto esponemmo, una massa d'aria sarà satura di vapore, se, a 10°, la tensione di questo arriva a $9^{mm}2$; se, a 15°, arriva a $12.^{mm}7$, e così di seguito.

Però la tensione del vapore raggiunge ben rare volte il limite massimo. Nel caso che lo raggiunga e che lo oltrepassi, allora il vapore acqueo contenuto nell'aria si condensa in forma di nebbia e si deposita sugli oggetti in forma di rugiada; per cui tale istante si chiama anche *punto di rugiada* (*dew-point* degl'Inglesi, *point-de-rosée* dei Francesi). Ora, naturalmente, tal punto segna altresì il limite massimo di umidità, alla quale può arrivare una massa d'aria a quella temperatura. Alzandosi questa, anche tale limite s'alza a sua posta. Ma la tensione del vapore, non raggiungendo il punto di saturazione, può rimanervi al dissotto di una piccola o di una grande quantità, e, analogamente a questa sua diminuzione, diminuirà il grado di umidità dell'aria. Si chiamò quindi col nome di *umidità relativa* il rapporto tra la quantità del vapore che l'aria veramente contiene in un dato istante e la quantità di vapore che potrebbe contenere colla temperatura dominante in quello stesso momento. Il massimo di *umidità relativa* è rappresentato dal numero 100, che corrisponde al punto di saturazione; il minimo dallo 0, che corrisponde allo stato dell'aria perfettamente secca. Come dicemmo, per raggiungere una umidità relativa eguale a 100, è mestieri che la tensione raggiunga il massimo comportabile con una data temperatura. Ma

(1) RAGONA, *Annotazioni* al MOHN. pag. 41 e seg ; — MOHN, pag. 98.

se, per esempio, alla temperatura di 10° (che comporta una massima tensione di $9.^{mm}2$), nell'aria esiste una tensione eguale ad 8^{mm}, l'umidità relativa di quell'aria sarà data da $\frac{8.^{mm}}{9.^{mm}2} = \frac{87}{100}$, o più semplicemente 87. Se la tensione del vapore alla stessa temperatura fosse eguale ad $1.^{mm}$, l'umidità relativa risulterebbe dal rapporto $\frac{1.^{mm}0}{9.^{mm}2} = \frac{11}{100}$ o semplicemente 11. In altre parole, ciò significa che, nelle due accennate condizioni, quell'aria contiene 87 centesimi, ovvero 11 centesimi del vapore acqueo che potrebbe contenere per raggiungere il punto di saturazione. Analogamente si opererebbe ad altra temperatura.

La quale temperatura si mostra importantissima nel fenomeno della umidità relativa. Difatti, dato il caso che una massa d'aria si raffreddi, il punto di saturazione e quindi di massima umidità relativa, viene raggiunto ad una tensione minore. Così, per esempio, poniamo nel caso precedente che, essendo la tensione del vapore in un dato ambiente eguale ad 8^{mm}, si abbassi la temperatura ambiente a soli 5°. A 5.° la massima tensione del vapore ammonta a $6^{mm}5$; numero che sta ben al dissotto degli 8^{mm}, epperciò il punto di rugiada, essendo notevolmente oltrepassato, avrà luogo la deposizione del vapore superiore allo stato di saturazione, cioè corrispondente ad $8.^{mm}0 - 6.^{mm}5$, ovvero ad una tensione di $1.^{mm}5$. Invece, nel secondo esempio da noi esposto, cioè in quello in cui supponiamo una tensione eguale ad $1.^{mm}$ per ottenere il punto di rugiada, converrebbe abbassare la temperatura ambiente fin a quasi — 20°, perchè è appunto fra — 19° e — 20° che la tensione massima del vapore si riduce prossima ad $1.^{mm}$.

Quindi lo stesso grado di umidità relativa, nell'aria può esser prodotto da quantità diversissime di vapore giusta la temperatura. Una quantità di $1.^{gr}1$, di vapore a —10° di temperatura, corrisponde ad una umidità relativa di 50; come vi corrisponde una quantità di 15^{gr}, a 30°. Fatto di un'importanza stragrande nella formazione delle nebbie e delle varietà diverse di precipitazione.

Per quanto poi il fenomeno della umidità relativa dell'aria si connetta, oltre che con quelli del mondo inorganico, anche collo svolgersi della vita vegetale ed animale, e quindi la conoscenza delle leggi, secondo le quali esso è distribuito sul globo, presenti alto interesse, esso è troppo influenzato dagli altri fatti meteorologici e, di consueto, anche da

Digitized by Google

circostanze locali, perchè oggi si possa dare una idea generale e completa di tale distribuzione.

Così, generalmente si sa che la umidità si contiene in modo contrario della temperatura, ma con infinite eccezioni. Nello spazio di circa 10° di latitudine, nei quali son distribuite le stazioni italiane da Palermo ad Udine, l'influenza della latitudine apparisce nulla, se non forse negativa. Difatti, se su tale base si aggruppano le stazioni italiane, si osserva che la media umidità relativa di un quadriennio di osservazioni dà: per le stazioni settentrionali 67.4; per le stazioni centrali 66.4; per le stazioni meridionali 68.7. D'altra parte, ecco quali sono le medie umidità di quattro stazioni importanti europee.

Palermo (1) (11 anni)	Roma (2) (18 anni)	Milano (3) (30 anni)	Vienna (4) (20 anni)
63.9	64.1	74.5	72.0

Neanche riguardo all'altitudine non si può fissare una regola sicura. Generalmente l'umidità relativa diminuisce col crescere dell'altezza. Aggruppando le stazioni italiane secondo la loro altitudine, a dir vero, risulterebbe la regola contraria (5). Difatti, prendendo a base le medie dell'undicennio (1866-1876 (6), ci risultò che la media umidità relativa di 7 stazioni elevate (sopra i 200m.) corrisponde a 69.4; quella di 8 stazioni basse (sotto i 200m) corrisponde a 69.1; e la media finalmente di 4 stazioni marittime, a 64. 8. Secondo il Flammarion (7), l'umidità dell'aria aumenta dalla superficie fino ad una certa altezza, nella quale si trova una zona di umidità massima. Al disopra di questa zona l'umidità va diminuendo mano mano che si sale negli strati superiori. L'altitudine di questa zona di massima è assai variabile. In una numerosa serie di esperienze dallo stesso Flammarion istituite col mezzo degli aerostati, gli accadde di trovarla una volta (il 10 giugno 1867) a soli 150m dal suolo; un'altra volta (il 15 aprile 1868) a 1150m. Le conclusioni del Flammarion avrebbero conferma anche dall'esperienze del Glaisher spinte fino a 6500m d'altezza (Fig. 481).

Però nelle montagne si son osservate numerose eccezioni alla regola che ne risulta. Così il Kaemtz ha riscontrato sul Rigi (1784m.) una media di 83.3, quando a Zurigo essa non

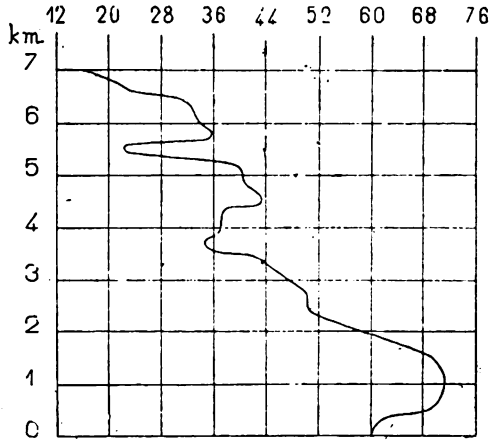


Fig. 481. — Distribuzione della umidità assoluta a diverse altezze.

NB. I numeri posti di fianco indicano l'altitudine in chilometri; i numeri posti superiormente l'umidità assoluta.

era che di 74.6; e il Bravais sul Faulhorn (2683m) una di 75.9, quando a Milano contemporaneamente essa era di 63.2; così ad Antisana (4060m), nelle Ande di Quito, succede ben di rado che la umidità relativa discenda sotto il 74 e bene spesso raggiunge il punto di saturazione. D'altra parte, il Junghuhn ci avverte che nell'isola di Giava, a 3400m, si vide l'umidità relativa calare a 48, e a 3700m a soli 10 per cento, e parimenti a 55 essa venne misurata sulla cima del monte Bianco alta 4810m sul mare. Per il che giova ancora astenersi dal concludere in modo assoluto e decisivo.

Più sicura pare la diminuzione della umidità relativa andando dalle sponde marittime verso l'interno dei continenti. Però, anche questo fatto si verifica in grande scala e in generale; ma subisce infinite eccezioni. Così, è vero che, nel solito e citato undicennio, Livorno presenta una media di 65.1 contro Firenze, che ne ha una di 63.5: e che la media di un ventennio a Venezia dà 75.7, mentre la media di sette stazioni internate nella valla padana è di 71.2; ma a questo stesso numero di 71.2 puossi contrapporre la media umidità relativa, notata nello stesso periodo a Genova, dov'essa arriva soltanto a 60.8. Invece, osservando la cosa senza pre-

(1) *Annuario Statist. ital.*, 1881, pag. 15.
(2) Tacchini, *Sul Clima di* Roma, in *Ann., di Meteorol.*, Parte III, vol. IV, 1882, pag.
(3) Schiaparelli, in *Mediolanum*, Milano, Vallardi, 1881, pag. 16
(4) Hann, *Klimat.*, pag. 51.
(5) Al Ragona (*Annotaz.* al Mohn, pag. 46) dalle medie di un quadriennio di osservazioni, era risultato:

	Umid. relat.
Stazioni elevate	66 9
» poco elevate	68.0
» marittime	67 6

(6) *Ann. stat. ital.*, 1881, pag. 15.
(7) *Atmosfera* cit., pag.

Digitized by Google

concetti, le stazioni italiane mostrano che nell'inverno l'umidità dalla costa all'interno cresce, nella state diminuisce.

Una prova di tal fatto risulta abbastanza evidente dalla seguente tabellina, che contiene le medie invernali ed estive, del gennaio e del luglio dell' umidità relativa per alcune stazioni italiane marittime e continentali, per l'undicennio 1766-76, meno che per Venezia, dove la media è tratta dal ventennio 1856-75.

	Inverno	Estate	Gennaio	Luglio
Genova	59	61	56	58
Alessandria	85	59	90	55
Venezia	82	68	84	67
Pavia	80	59	85	55
Livorno	70	61	68	59
Firenze	73	53	75	49

La tabellina precedente mostra anche quanto notevole debba essere la variazione annua dell' elemento climatico del quale trattiamo. Già la variazione oraria è molto considerevole, specialmente nei mesi più caldi dell' anno. Così a Milano, nel luglio, per esempio, nelle ore (da 3 a 6 ant.) del mattino si ha una media umidità da 74 o di 73, mentre alle 3 del pomeriggio essa è soltanto di 49. Invece in gennaio o in dicembre, alla massima di 90 o di 89, che si segnala nel primo mattino, si contrappone una minima di 82. Di regola poi l'andamento diurno dell' umidità è *inversamente* identico a quello della temperatura, così che i massimi di quella corrispondono esattamente ai minimi di questa e viceversa. Quindi l'umidità relativa ha un massimo che coincide pressapoco col levar del sole, un minimo che casca intorno alle 2 o 3 pomerid., a seconda dei paesi o delle stagioni, e le ore dei valori medi cascano intorno alle 8 della sera e alle 9 del mattino.

Lo stesso andamento ha luogo nella variazione annua, come si può verificare esaminando le medie mensili per le importanti stazioni dove si fecero lunghe serie d'osservazioni, e che noi già citammo in addietro (1).

(1) Vedi a pag. 827.

	Palermo	Roma	Milano	Vienna
Dicembre	72	75	88	83
Gennaio	66	74	87	84
Febbraio	67	73	81	80
Marzo	61	68	73	71
Aprile	60	65	63	63
Maggio	57	61	68	64
Giugno	65	61	65	64
Luglio	62	56	63	63
Agosto	61	58	65	66
Settembre	63	64	72	69
Ottobre	67	71	80	76
Novembre	67	74	86	80

Solamente giova riconoscre anche in questo caso l' intervento di alcune cause locali ed accidentali perturbatrici del fenomeno, poichè, mentre la curva tratta dalle medie mensili della temperatura è una curva netta a un massimo e ad un minimo solo, questa della umidità, in due almeno delle stazioni da noi scelte, darebbe luogo alla formazione di parziali irregolarità (Fig. 482). Ecco, per esempio, rispetto a Milano, come riassume l'andamento annuo della umidità l'autorevolissima parola dello Schiaparelli (1): « L'andamento annuale

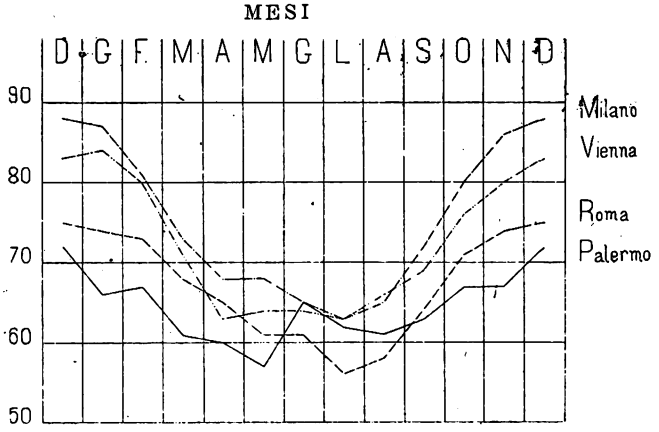


Fig. 482. — Andamento mensile della umidità relativa a Palermo, Roma, Milano e Vienna.

della umidità relativa è meno semplice che per l'umidità assoluta. Sebbene, a partir dal gennaio, cresca la quantità di vapore atmosferico, l'aumento della temperatura fa crescere la capacità di saturazione dell' aria in una proporzione ancora più grande, così che l'umidità relativa, invece di crescere coll' assoluta, diminuisce, sebbene non senza fluttuazioni, dal gennaio al luglio. Nei mesi di marzo e di aprile i venti cospirano a render più rapido il decremento dell'umidità relativa;

(1) *Mediolanum*, vol. I, pag. 16.

Digitized by Google

ma sopraggiungendo le pioggie di primavera, in maggio questo decremento si arresta; onde l'umidità del maggio è quasi esattamente uguale a quella dell'aprile. Cessate le pioggie primaverili, l'umidità relativa seguita a diminuire col crescere della temperatura sino alla fine di luglio, dove la media della giornata si riduce a 62, che è il minimum normale dell'anno; poi, decrescendo la temperatura, ricomincia a crescere, aiutata anche in ottobre ed in novembre dalle pioggie autunnali. Nell'inverno finalmente l'umidità relativa raggiunge il suo maximum negli ultimi di dicembre; questo maximum supera alquanto 88 ».

Questo serve pei casi normali. Ma le anormalità son copiose, in modo che a Milano, da un lato il punto di saturazione dell'aria viene spesso raggiunto, e dall'altro si hanno giorni con dei minimi di umidità relativa, che stanno fra 10 e 20; anzi, nel trentennio studiato dallo Schiaparelli, si ebbe un giorno e un'ora (11 ottobre 1870, 3 pom.), in cui questo elemento discese ad 8.1, il che veramente è una condizione di secchezza d'aria affatto straordinaria, poichè allora, essendo la temperatura eguale a 19.°3, un metro cubo di quell'aria non conteneva più di 1.gr3 di vapore. E il Tono osservava a Venezia, in un solo giorno del marzo 1868, uno sbalzo di umidità di 80 gradi, cioè da 90 a 10 (1).

4. Di consueto il vapor acqueo, e lo vedemmo, si compenetra coll'atmosfera in modo da assumere la trasparenza quasi assoluta che questa possiede e quindi da rendersi completamente invisibile ai nostri sguardi. È solo mediante strumenti acconci e delicati che il fisico c'insegnò a conoscere l'esistenza e a misurare la quantità di vapor acqueo contenuto nell'atmosfera. Ma, poichè, come sappiamo, l'aria ha diversa attitudine a subire la compenetrazione del vapor acqueo a seconda della temperatura che presenta, è sufficiente un abbassamento di temperatura per produrre una concentrazione di tale vapore e renderlo percepibile allo sguardo. Qualora l'abbassamento di temperatura sia tale da condurre l'aria al suo punto di saturazione, allora le particelle di vapore contenutevi assumono una forma globulare, la loro trasparenza diminuisce grandemente e succede il fenomeno conosciuto sotto il nome di *nebbia*.

Svariatissima per intensità, in modo talvolta da tingere di una leggerissima sfumatura opalina gli oggetti lontani, tal altra da renderli invisibili a pochi passi di distanza, da intercettare quasi affatto la luce e da ingenerare dei veri pericoli agli uomini e agli animali, la nebbia è forse il fenomeno meteorologico che più si risente delle influenze locali.

La formazione o la bonificazione di uno stagno o di una palude, la presenza o meno di un corso d'acqua, la creazione o la distruzione di certe colture, la erezione o la demolizione di taluni ostacoli naturali od artificiali, possono bastare ad esercitare una notevole azione sul regime della nebbia in certe località, senza tenere conto delle influenze ch'essa subisce dagli altri elementi meteorologici, temperatura, pioggia e vento principalmente.

Generalmente essa segue la legge dell'umidità relativa e quindi predilige le ore e le stagioni fredde, e scompare nelle ore e nelle stagioni calde. Così, per esempio, a Milano 45 anni di osservazione mostrarono che in gennaio e in dicembre si hanno in media 15 e 16 giorni nebbiosi, mentre in aprile, maggio, giugno e luglio si ha in media 1 solo, in agosto e in settembre 2, in marzo 3 giorni nebbiosi. L'ottobre ne conta 7 giorni, il febbraio 11 e il novembre 13. A Venezia le nebbie sono più frequenti in gennaio e in dicembre; ma la minore frequenza casca in maggio e in settembre.

Vi sono poi sul globo delle regioni particolarmente note per frequenza e per fittezza di nebbia, in ispecie durante alcune stagioni. Tal è, per esempio, Londra, sopratutto d'inverno. Vi si citano delle nebbie così fitte, da far sospendere affatto la circolazione delle strade anche in pieno giorno; fenomeni che del resto si notarono pure a Parigi, a Milano ed altrove. Fu celebre, ad esempio, la fittissima nebbia, che oscurò Parigi il giorno 22 brumale dell'anno 6.° (12 novembre 1797) (1) ed è ancora troppo recente il ricordo della grande nebbia che nei primi giorni di dicembre del 1880 si diffuse su gran parte della valle del Po ed altrove, e che fu causa di numerose disgrazie, perchè dobbiamo parlarne minutamente. Frequenti si notano le nebbie sui laghi, sui fiord e sui mari, a motivo della diversità di temperatura che esiste sovente fra l'acqua e l'aria sovraincombente; sia che si formino perchè i vapori svolgentisi dalle acque, incontrando dell'aria

(1) *Clima di Venezia*, pag. 42.

(1) KANT, *Geogr. fisi*, vol. 6.°, pag. 55.

Digitized by Google

fredda si rendano per questo visibili, sia che i vapori esistenti nell'aria, portativi da venti tiepidi, subiscano l'influenza dell' acqua più fredda. Fra i mari europei, tristamente famosi per le nebbie sono il mar Nero (che deve loro probabilmente il proprio nome), il Baltico, il mare del Nord e la Manica. Frequentissime son pure le nebbie nei mari glaciali e in quelle parti degli oceani, dove avviene l'incontro delle correnti polari coll' equatoriali. È questo fatto che coopera a rendere così pericolosa talvolta la navigazione dell'Atlantico settentrionale, specialmente nei paraggi del banco di Terranuova e quella del Pacifico settentrionale, a greco del Giappone, nella regione marittima sulla quale s'estende la influenza del Curo Sivo, il cui nome, che appunto significa *corrente nera*, determinato dallo svolgersi copiosissimo delle nebbie, ha dunque provenienza analoga a quello con cui adesso si designa l'Eusino (1).

Se il raffreddarsi dell'atmosfera, diminuendo la sua capacità igrometrica, è la causa principale della nebbia, il raffreddarsi dei corpi solidi che si trovano alla superficie del globo, prodotto dalla irradiazione notturna, è la causa principale della formazione della *rugiada* e della *brina* (2). Sotto il nome di *rugiada* scientificamente s'intende qualsisia deposito di acqua, che abbia luogo fra il tramontare e il sorgere del sole, sopra oggetti esposti a libero cielo e indipendentemente da precipitazione di pioggia e da formazione di nebbia. Tale deposizione riesce di consueto tanto più abbondante quanto più il cielo è sereno, ma non manca talvolta nemmeno (com'è credenza comune) a cielo completamente coperto. Invece o non si forma del tutto o cessa, se incominciata, qualora l'aria sia mossa fortemente dal vento. Parimenti è più copiosa nelle giornate calde, a cui seguano sere fresche, e nei giorni che precedono le poggie, in autunno e in primavera. La deposizione della rugiada è massimamente copiosa presso il suolo, anzi, diminuendo man man che cresca la distanza da questo, tocca un limite superiore oltre il quale essa non ha più luogo: limite poi che varia a seconda delle circostanze locali e climatiche e che va alzandosi successivamente durante la notte, ma che non dista di consueto dal suolo se non pochi metri. La rugiada si deposita dapprima sulla parte inferiore delle foglie, poi sulla superiore; predilige i luoghi coperti di vegetazione, specialmente erbacea, anzi si deposita assai di rado sul terreno nudo; predilige eziandio alcune specie di piante, alcune sorta di oggetti ad altri.

La rugiada proviene dal vapore che esiste sempre dell' atmosfera, ma specialmente da quello che, essendo emesso durante il giorno dal suolo riscaldato dai raggi solari, si accumula a breve distanza da esso, mantenendo una temperatura più alta dell'aria sovrastante. Tramontato il sole, l'aria sarà pregna di vapori così copiosi, che una qualsiasi diminuzione di temperatura è sufficiente a condurla allo stato di saturazione. Questa diminuzione ha luogo rapidamente negli oggetti solidi terrestri, anzi tanto più rapidamente quanto più essi sono sottili e frastagliati; e da ciò la predilezione della rugiada per gli spazi erbosi; e la sua scarsezza, anzi talvolta la sua assenza, per le spianate di roccia nuda. A determinare la formazione della rugiada nelle bassure concorre poi specialmente il fenomeno, non raro alla notte, della *inversione della temperatura*, fenomeno già da noi altrove rammentato. Il fatto poi così generale e costante, secondo cui la rugiada si depone dapprima e in quantità maggiore, anzi talvolta esclusivamente, sulla faccia inferiore delle foglie o di lamine espressamente esposte al fenomeno, mostra che la emissione del vapore terrestre prosegue anche dopo il tramonto del sole o, per lo meno, crea un forte impregnamento dell'aria negli strati più contigui al suolo.

La rugiada in qualche località si depone in tanta copia da diventare un utile correttivo alla mancanza delle piogge, mentre in altre, e specialmente nelle parti desertiche ed interne dei continenti, sovente manca affatto. Il modo tuttavia col quale succede tale forma di precipitazione rende impossibile, o per lo meno molto difficile, la misura delle quantità d'acqua che ne risulta. Da misure approssimative istituite in Inghilterra dal Dines, la quantità d'acqua deposta in una notte dalla rugiada gli parve ammontare a 1 decimillimetro, mentre il Peschuël Lösche la trovò pari a $3,^{mm}$ in una nottata propizia sulla costa di Loango in Africa. Questa seconda sarebbe una quantità trenta volte maggiore della prima.

(1) Delle nebbie speciali e specialmente delle varie sorta di *nebbie secche* parlammo, trattando delle immondizie atmosferiche. Vedi a pag. 727 e seg.

(2) In proposito vedi l'importantissimo lavoro del Chistoni, *Sulle cause della formazione della rugiada*, in *Annali di Meteorol. italiana*, — vol. II, 1880, pag. 141, e poi una *Appendice* allo stesso lavoro a pag. 273 dello stesso volume.

Digitized by Google

Allorquando l' abbassamento della temperatura è molto grande, in modo da far discendere di qualcosa il termometro sotto lo zero, allora ha luogo la formazione della *brina* (*gelée*, *reif*). Ciò diciamo senza escludere che nella formazione della brina possa aver luogo un processo alquanto più complesso di quanto generalmente non si creda e non si esprima colla definizione accettata comunemente: la brina non esser altro che rugiada gelata. Certo è che nella brina ha luogo una vera cristallizzazione, e, molto probabilmente, secondo una determinata orientazione.

Il fenomeno della brina ha un effetto notoriamente funesto alla vegetazione, per cui il suo comparire precoce nell'autunno o, quel ch'è peggio, tardivo nella primavera, ha importanza assai grande nella climatologia locale, specialmente in ordine alle varie coltivazioni. Però anche la brina, come la rugiada, subisce l' influenza di molte cause perturbatrici e sopratutto di condizioni locali, anzi talvolta estremamente limitate. La sua formazione è favorita dal cielo sereno e dalla calma atmosferica; è impedita o per lo meno resa difficile dal cielo annuvolato e dal vento; è più copiosa nell'epoche e nelle località dove regnano i maggiori contrasti di temperatura fra giorno e notte; come talvolta si presenta con una distribuzione veramente inesplicabile, forse determinata dai lievi accidenti o dalla natura del suolo o della vegetazione. Finalmente è notevole come in molti luoghi sia stata sufficiente una nube di fumo prodotta artificialmente a salvare i colti dai funesti effetti della brina.

Da non confondersi con questo è il fenomeno dell'*incrostamento di ghiaccio* (*verglas* dei francesi), che talvolta ricopre di un rivestimento assai spesso tutti gli oggetti esposti alle pioggie invernali. Tale fenomeno, di cui, per dire di uno soltanto, si ebbe esempio in Francia il 23 gennaio del 1879, dove ha arrecato danni considerevoli, pare provenga da uno stato speciale (*surfusion*) in cui si trovano in tali casi le goccie della pioggia, e per il quale, ad onta che la loro temperatura sia inferiore allo zero, si mantengono liquide, finchè, deponendosi sugli oggetti, l' urto che ne provano non determini il passaggio dallo stato liquido al solido.

5. Le deposizioni della rugiada e della brina sono le due forme di precipitazione acquea, che hanno luogo nell'atmosfera, anche, anzi specialmente, a cielo sereno. Perchè abbiano luogo le altre e più considerevoli forme di precipitazione: pioggia, neve, grandine, è mestieri che siano precedute dalla costituzione di vere *nuvole* o *nubi*. Fra le *nubi* e la *nebbia*, la principale differenza consiste nel fatto che quest'ultima sta aderente al suolo, quelle più o meno ne stanno distanti e sospese nell'atmosfera. Però investigazioni aerostatiche condotte nell'ultimo ventennio hanno messo in luce il fatto, che non tutte le nubi constano semplicemente di un accumulamento di bollicole vaporose, ma spesso, e precisamente allorchè si stendono nelle più elevate regioni atmosferiche, esse sono costituite da numerosi e finissimi cristalli di ghiaccio.

La formazione delle nuvole ha luogo ogni qualvolta una causa qualunque genera lo stato di saturazione in una massa d'aria non perfettamente secca. Ora tale causa, dopo quanto abbiam detto, si collega sempre collo stato termico di quella massa, e quindi può venire determinata a sua volta dalle varie cause che producono modificazioni di temperatura nell'atmosfera: variazioni termiche diverse, correnti aeree, dilatazione dell' aria ascendente e consimili. Frequentissima è la formazione delle nubi per l'incontro di una corrente calda con una corrente fredda, e questo fatto assieme alla irradiazione del suolo spiega anche la predilezione delle nubi per le catene e per le cime dei monti, dove appunto s'incontrano le correnti aeree, che a diversa temperatura si sollevano lungo le valli. Parimenti è noto come l'aria, mentre si eleva per una causa qualunque, raggiunge spazi nei quali la pressione è mano mano minore. La dilatazione, che ne deriva, non può aver luogo senza che in tale procedimento venga impiegata una certa quantità di quel calore che l'aria medesima prima possedeva, e cioè non ne risulti una diminuzione di temperatura e la conseguente saturazione dell' aria, se più o meno carica di vapori. Naturalmente lo stato di rugiada o di saturazione ha luogo a differenti altezze, a seconda della quantità di vapor acqueo contenuto nell' aria, e della temperatura di quest'ultima. Siccome poi il consecutivo decremento della temperatura prodotto da questa causa, è soggetto a calcolo, così si può anche sapere pressapoco a quale limite la temperatura di una massa aerea ascendente sarebbe eguale a zero. Al dissotto di tale limite, che varia in altezza a seconda della temperatura iniziale, il vapore acqueo contenuto nell'aria, raggiunto lo stato di rugiada, si muterebbe in bollicole, cioè nelle

Digitized by Google

nubi ordinarie; al disopra in nubi, in cristalli, cioè in nubi di ghiaccio.

La figura delle nubi, oltre a ridestare la curiosità umana, a prestare argomento copioso alla fantasia e all'arte, è soggetto importante per lo scienziato e per i pratici interessi della vita, come quello che si collega altresì col problema tanto difficile e complesso, quanto vitale, della previsione del tempo. Per cui, accanto alla nomenclatura poetica o comune delle nubi, i dotti dovettero cercare di crearne una sistematica, per quanto possa prestarvisi un soggetto per sè così mutabile, capriccioso e quasi amorfo, com' è quello di cui si discorre. Il primo tentativo di classificazione delle nuvole è quello dell'Howard, che però risale al principio di questo secolo e precisamente all'anno 1802 (1). Un'idea di tale classificazione può esser offerta dalla figura 483. In essa si trovano quattro sorta di nubi: 1) i *cirri* o *code di gatto* (*aa*); 2) i *cumuli* o *balle di cotone* dei marinai (*bb*); 3) gli *strati* (*cc*). A questi si aggiunsero poscia 4) i *nembi* o nubi di pioggia (*dd*), e la classificazione delle nubi così portata a quattro serie principali, colle suddivisioni dei *cirro-cumuli*, dei *cirro-strati* e dei *cumulo-strati* fu generalmente adottata a designare le forme delle nubi.

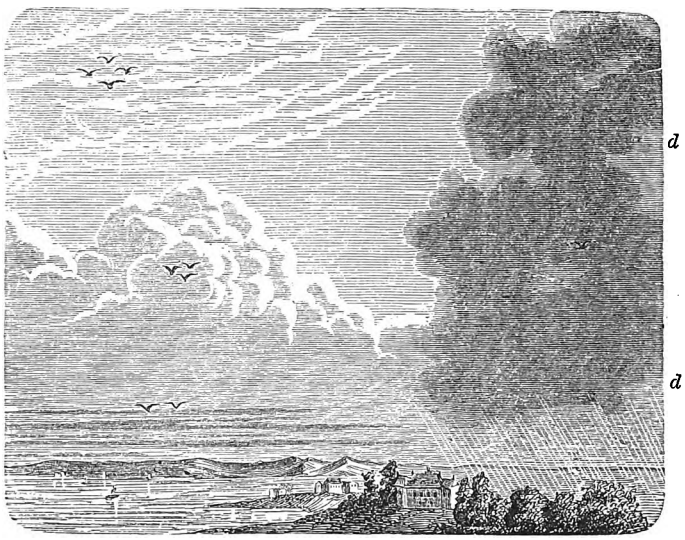


Fig. 483. — Diverse forme di nubi.

Col nome di *cirro* si designano quelle nuvolette bianche o rosate, a spazzola, o a striscie orizzontali, o a fiocchi di cotone, che si vedono di consueto altissime nel cielo e che quindi appaiono quasi immobili, anche se le altre nubi inferiori sono mosse dal vento.

I *cumuli* hanno forma di grandi ammassi sferici o quasi sferici, generalmente bianchi, salvo nella parte inferiore, nella quale assumono sovente una tinta più oscura. Se soli, la loro base è spesso come schiacciata; ma di consueto si addossano uno all'altro, a guisa di montagne di neve o di balle di cotone. Son frequenti, specialmente nei nostri climi, durante le ore meridiane e pomeridiane dei giorni d' estate.

Gli *strati* hanno sembianza di grandi striscie orizzontali or bianche, ora più o meno oscure, che si stendono piuttosto basse lungo l'orizzonte, e più spesso si avvertono sul far della sera e prima del sorger del sole. Dall'Howard sono anche chiamate *nebbie del terreno*.

I *nembi* sono costituiti da notevoli ammassi di vapori grigi, più o meno tetri, più o meno uniformi, dalla tinta melanconica, dall' orlo solitamente frangiato, talvolta nella parte inferiore terminati da una specie di appendice a striscie parallele, ora verticali ora inclinate, che rappresentano il loro sciogliersi in pioggia.

Gli altri nomi sopra indicati designano forme intermedie fra queste, od anche la fusione fra due delle forme ora indicate.

La classificazione dell'Howard, ch' ebbe forse il merito di fissare per la prima volta delle denominazioni semplici e chiare delle figure delle nubi, e quindi anche la importanza di queste figure medesime per la meteorologia, in seguito ai progressi fatti da questa scienza, specialmente nella parte che concerne i presagi dei tempi, apparve difettosa e manchevole. Per cui, grazie agli studî del Poëy, del Weihrauch, del Ley, dello Scott (1) e di

(1) Schmid, *Lehrb.*, pag. 670. — Anteriore a questa sarebbe la classificazione delle nubi fatta dal Lamark e secondo la quale esse si distinguevano in 5 tipi; *a spazzature*, o *scopature*. (enbalayures); *a sbarra* (enbarre); *a chiazze*, o *ciel pecorino* (pommelés); *aggruppate* o a *cumuli* (groupés); *a vela* (en voile).
Tissandier, op. cit ; pag. 107.

(1) Poëy Andrey, *New classification of clouds*, in *Annual Report of the board of regents of the Smithsonion institution, for the year* 1870, Washington, 1871, pag 432; — *Comment on observe les nuages pour prévoir les temps*, Paris, 1879; — Weihrauch, *Sur les formes des nuages*, Copenhague et Paris, 1881; — Clement Ley W. *Note on a' proposed scheme of the upper clouds*, London, 1882; — Scott R., *Instructions in the of use of méteorologica instruments*, London, 1875.

Digitized by Google

Fig. 1ª

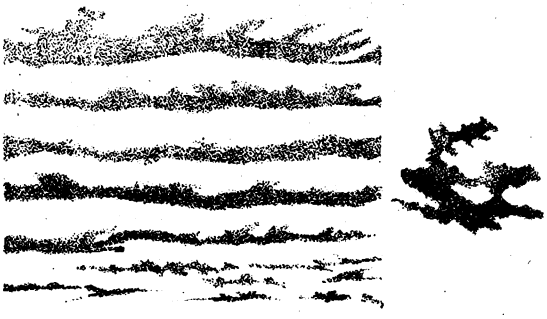


Fig. 5ª

Fig. 2ª

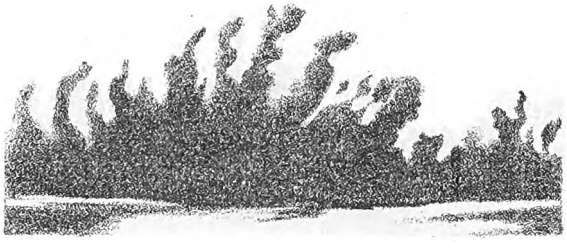


Fig. 6ª

Fig. 3ª

Fig. 7ª

Fig. 4ª

Fig. 8ª

Lit. P. Porati — Casa Edit. Dottor Francesco Vallardi — O. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

altri, si venne a nuove e più razionali classificazioni delle nubi, dedotte da accurate e sagaci osservazioni e basate da un lato sulla loro intima costituzione, e dall' altro sulla loro correlazione coi varî fenomeni di precipitazione acquea e coi presagi che se ne possono trarre.

Fra altre cose, quelle nubi che, secondo la classificazione dell'Howard, sarebbero comprese sotto il nome di *cirri*, sono nubi altissime, costituite (lo accennammo ancora) da cristalli leggerissimi di ghiaccio; le rimanenti si possono ritenere costituite da vapor acqueo. Secondo il Poëy, i *cirri* (Fig. 1.ª nella Tav. XXVI) e *nubi superiori* bianche, filamentose, a *coda di cavallo*, a moto lentissimo, si dovrebbero considerare divise in tre categorie principali: i *cirro-cumuli*, i *cirro-strati* e i *pallio-cirri*. I *cirro-cumuli* (Fig. 2 nella Tav. XXVI) d'ordinario sono nubi più basse dei semplici cirri filamentosi; presentano una forma alquanto più globulare e, agglomerandosi in grande copia, danno sembianza di un gregge di pecore, onde la designazione di *cielo a pecorelle* degli Italiani, a cui corrisponde il *ciel pommelè* dei Francesi e il *nackerel scky* degl'Inglesi. I *cirro-strati* hanno l'aspetto di masse orizzontali o poco inclinate, in generale piuttosto trasparenti, variamente aggruppate e costituite, a quanto sembra, da cirri discesi a più basso livello. Sono a sufficienza rappresentate dalle nubi bianche della figura 3 (Tav. XXVI).

I *pallio-cirri*, che spesso si riassumono nella forma precedente, hanno carattere di maggiore compattezza, sono generalmente più oscuri e segnano il passaggio dalle nubi di ghiaccio a quelle di vapore. Se ne può avere un' idea osservando le nubi più oscure della figura 3 (Tav. XXVI) (1).

Le *nubi inferiori* o nubi di vapor acqueo (cumuli, strati, nembi) sono dal Poëy ridotte alle due forme principali dei *pallio-cumuli* e dei *fracto-cumuli*: quelle nubi dense, oscure e gravide di pioggia; queste, nubi staccate ed isolate, le *nuages de vent* dei Francesi, le *wind-cloud* degl'Inglesi. (Fig. 5. della Tav. XXVI). Più usuale è ancora per le nubi inferiori la distinzione dell'Howard, colle suddistinzioni che possono esser fornite dall' accoppiamento dei termini da lui adoperati. La figura delle nubi inferiori, del resto, spesso non è se non un effetto di prospettiva. Così lo *strato* assume sovente quella forma, perchè, essendo una nuvola posta al limite dell'orizzonte dove si trova l' osservatore, questi la vede nel senso del suo spessore orizzontale. Talvolta tutto il cielo è coperto di *strati*, che si stendono come un padiglione basso, oscuro e formato quasi da nebbioni enormi (fig. 4.ª); e in simil guisa, ma bianchi e disposti ad onde marine, (*rol-cumulus* degl'Inglesi), come appariscono nella figura 5.ª a sinistra, si stendono talvolta anche i *cumuli*. Le forme più comuni dei cumuli sarebbero poi quelle rappresentate dalla figura 5.ª a destra, e dalle figure 6.ª e 7.ª, che rappresentano un passaggio dai cumuli proprî ai cumulo-strati; mentre la figura 8.ª dà l'idea del *nembo*.

Altre figure ancora si potrebbero distinguere, tanto più che le speciali circostanze topografiche e climatiche dei varî paesi esercitano non piccola influenza sopra un fenomeno che può schierarsi anche fra quelli dei quali si occupa l'ottica.

Un argomento che si connette col precedente è quello della generale *nubilosità del cielo* o, come usano designarlo i meteorologisti italiani, del *grado di serenità del cielo*. Supposto di designare con 0 il cielo affatto sgombro da nubi, e con 10 lo stato del cielo interamente coperto, le condizioni intermedie sono espresse dai numeri che corrono fra 0 e 10, sempre valutando le nubi visibili sopra l'orizzonte, come fossero raccolte tutte assieme e stimandone l'estensione in rapporto a quella dell'intero cielo visibile dal punto medesimo. In Italia, tempo addietro, si adoperava di consueto le tre espressioni molto semplici di *sereno*, *misto* e *coperto*, le quali han dato luogo ad altre poco più complesse e pur corrispondenti in qualche modo alla scala numerica ora indicata. Esse sono: *sereno* (0-1); *quasi sereno* (1-3); *sereno nuvolo* con predominio del sereno (3-5); *nuvolo sereno*, con predominio del nuvolo (5-7); *quasi nuvolo* (7-9); *nuvolo* o *coperto* (9-10). Nell'ultimo caso, si preferisce la parola *coperto* quando le nubi sono disposte uniformemente nel cielo. In

(1) Secondo il Clement Ley, le *nubi superiori* possono utilmente dividersi nelle seguenti categorie: 1.° *cirrus, curl-cloud, schweifwolke, cirri*, nubi altissime a ciocche o a capelli ricciuti; — 2.° *cirro-filum, gossamer-cloud, drahtwolke, cirro-fili*, nubi rare, pure altissime, somiglianti a crini o a filamenti sericei; — 3.° *cirro-velum, veil-cloud, schleierwolke, cirro-veli*, velo di nubi assai alte, costituite da cirro-fili intrecciati in varia guisa e distese ad occupare buona parte del cielo; — 4.° *cirro-nebula, veil-haze, federwolkennebel, cirro-nebbia, cirri, penniformi*, costituita da una velatura nebbiosa o quasi uniforme che si stende sul cielo; — 5.° *cirro-granum, granula-curl-cloud, schäfchenwolke, cirro-grani*: forma piuttosto rara, sufficientemente espressa dal nome con cui si designano; — 6.° *pseudo-cirrus-pendulus, brush-cloud, falso-cirro-pendoli* e 7.° *pseudo-cirro-fractus*, forme non facilmente descrivibili.

Digitized by Google

qualche stazione italiana, per esempio a Modena, all'apprezzamento ora indicato, che riposa quasi eslusivamente sul rapporto di superficie, si frammischia anche quello della maggiore o minore lucidità e quasi trasparenza della giornata, d'onde le forme di *lucido, bello, nebbioso, nuvoloso, coperto, oscuro*, e una scala da 0 a 4.

La nubilosità non è eguale su tutta la superficie del globo. Vi sono dei paesi celebri per serenità di cielo, quali l'Italia meridionale, la Sicilia, la Grecia, Madera, il Cairo, l'Arabia, il Nuovo Messico, il Chilì e consimili; altri melanconici per la condizione opposta, quali l'Inghilterra, la Scandinavia, l'Olanda la Patagonia e in genere i paesi posti ad alte latitudini in entrambe le zone temperate, e quelli compresi nelle zone glaciali.

In generale la quantità di nuvoli è altresì maggiore presso gli oceani e minore nell'interno dei continenti. Così, nelle parti a nord-ovest dell'Europa, in media annua, la nubilosità ammonta a circa 6.8, mentre nella Russia centrale cala a circa 5.0, nella Siberia occidentale a 4.6, e nelle steppe del Turchestan a soli 3 decimi.

In Europa la serenità cresce altresì da nord a sud, sicchè le *isonefe o linee di eguale nebulosità* corrono oblique da SO. a NE. A Vienna (20 anni di osservazione) la nubilosità media è di 5.7; ad Udine di 5.3; a Bologna di 4.4; a Napoli e a Palermo di 4.3; al Cairo di 1.9; ad Atene di 1.7.

Del resto anche questo fenomeno è influenzato da circostanze locali, dalla orografia, dalla vicinanza o lontananza delle acque, dalla minore o maggiore coltura del suolo, dalla direzione e natura dei venti; e parimenti esso va soggetto quasi dovunque ad una notevole variazione diurna ed annua.

La variazione diurna è appena sensibile nei paesi freddi durante i mesi d'inverno; però si segnala durante i mesi estivi. Nei paesi caldi spicca maggiormente durante i mesi più caldi; nei tropicali è ugualmente spiccata tutto l'anno. Di consueto, in questi ultimi, le nubi si mostrano un po' prima del meriggio, aumentano nelle ore più calde del pomeriggio per scemare daccapo nella sera e durante la notte, quasi sempre più serena del giorno. È l'effetto della corrente ascendente diurna prodotta dal riscaldamento solare, la quale coll'ascendere, dilatandosi, abbassa la propria temperatura e raggiunge del pari strati aerei freddi, per cui il vapore contenuto nell'aria passa allo stato visibile e dà origine alla formazione dei cumuli. È un fenomeno abbastanza comune da noi nei sette od otto mesi più caldi dell'anno.

Il Ragona, in seguito all'esame di molti anni di osservazione (1), ha trovato che a Modena, lungo la giornata, vi ha una doppia oscillazione nel grado di serenità del cielo, analoga a quella del barometro, cioè un minimo di serenità verso le 3 o le 4 pom. e un massimo verso le 9 ant., e un secondo massimo e un secondo minimo di minore entità, rispettivamente, verso le ore 2 o 3 antim. e 9 o 10 pom. Come si vede, sono queste appunto le ore critiche dell'oscillazione barometrica. Anzi, pare che appunto ci sia una correlazione fra i due fenomeni, per la quale la pressione atmosferica s'accresca o si mantenga inalterata, mentre il vapor acqueo trovasi mescolato all'aria allo stato invisibile; diminuisca, qualora, passando allo stato visibile, si trasforma in nebbia o in nube.

Una delle più singolari manifestazioni del periodo annuo nella nebulosità del cielo è quella che ha luogo nella zona equatoriale e che vi forma l'*anello nubiloso*, il *cloud-ring* dei marinai inglesi, il *wolchenring* dei tedeschi, il *pot-au-noir* dei francesi. La zona delle calme, che, giusta quanto esponemmo nelle pagine che trattano dei venti, si trova fra i tropici e precisamente all'incontro degli alisei, è costituita dalle regioni più calde del globo, per cui vi regna costante una corrente ascendente, alimentata di aria e di vapor acqueo dagli stessi alisei. Da ciò la formazione di un grande ammasso di nubi, che, quale enorme serpente, circuisce quasi tutta la Terra sovr'esso la zona equatoriale, ma oscillando col sole e colla zona delle calme, ora più a nord, ora più a sud, apportatore di oscurità e di pioggie alternate con esatta vicenda. In agosto, nell'Atlantico l'anello nubiloso raggiunge l'estremo punto settentrionale del suo cammino e allora sovrasta al 10° di latitudine; in febbraio l'estremo punto meridionale si trova sul 2° di latitudine sempre settentrionale. Nel Pacifico l'oscillazione è senza confronto minore.

Altrove le vicende della nubilosità sono un effetto dell'azione dei monsoni, ovvero, in generale, dei venti alternantisi dalla terra al mare. Così, nelle Indie orientali, il cielo è molto annuvolato nei mesi estivi, in cui soffia il monsone di libeccio; è sereno nei mesi in-

(1) RAGONA, *Andamento diurno e annuale dello stato del cielo*, in *Annali della Meteor. ital.*, Anno II, vol. II. Serie II, 1880, pag. 279, Roma, Bodoniana, 1882.

Digitized by Google

vernali, in cui domina il monsone, o più esattamente, l'aliseo di greco. A Ceylan, per esempio, dove la media nebulosità annua sta fra 5.5 e 5.8, in febbraio scende fra 3.5 e 4.1, mentre in giugno ed in agosto arriva a 7.0, 7.5 ed anche 8.0; e nell'Imàlaja occidentale il contrasto riesce ancora più spiccato, cioè va da 1.0 e anche meno, ad 8.0 e più.

Nei continenti, di consueto, le parti interne durante l' inverno godono di cielo assai sereno, perchè in tale stagione i venti dominanti affluiscono dalle terre al mare. Nell' estate avviene il contrario. In Europa però la forte nubilosità invernale ha la sua causa nei venti di sudovest, che vi dominano nella stagione fredda in tutte le sue parti occidentali e in notevole tratto delle meridionali.

In Italia, generalmente, dovunque la stagione più annuvolata è l'inverno; la più serena è l' estate. Però nell' Italia settentrionale e specialmente nella regione subalpina, nuvolosa più dell'inverno apparisce la primavera e invece del dicembre e del gennaio che, in generale sono i mesi più annuvolati, appariscono tali il marzo, il maggio e qualchevolta anche il giugno (1). Ad Udine, per esempio, i mesi della massima nubilosità sono il marzo e il giugno, a Biella il maggio. Il mese più sereno è sempre e dovunque il luglio. A Modena il Ragona (2) trovò che la nubilosità nel corso dell'anno presenta due massimi e due minimi: il primo massimo (5. 6) verso la metà del novembre, d'onde cala al minimo secondario (5. 0) raggiunto sul finire del febbraio. Da questo punto ha luogo un piccolo aumento, per cui sul finire dell' aprile vien raggiunto un massimo secondario (5. 2); quindi la nebulosità diminuisce costantemente fino a raggiungere il minimo principale (3. 67) in agosto, d'onde anche rapidamente s' accresce per toccare il massimo invernale.

La variazione annua, sensibile nell' Italia settentrionale, diventa spiccatissima nella media e nella meridionale, come può apparire dalla tabellina che segue e dalla figura 484.

NUBILOSITÀ MEDIA.

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno
Udine	5.5	5.6	5.0	5.3	5.3
Milano	5.4	4.5	4.0	4.6	4.5
Torino	5.0	5.0	4.1	4.9	4.7
Modena	5.5	5.0	3.8	4.9	4.8
Roma	4.8	4.1	2.3	3.9	3.8
Napoli	5.2	4.8	2.8	4.4	4.3
Palermo	5.9	4.8	2.3	4.4	4.3

E la differenza in tale variazione apparisce più spiccata ancora, se si prendano ad esame

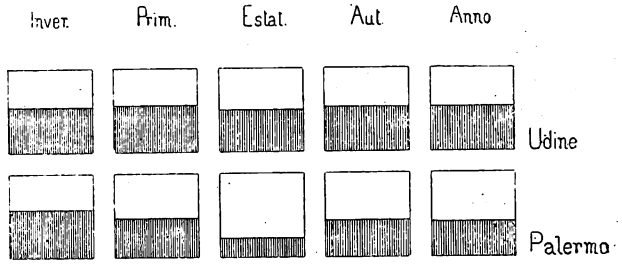


Fig. 484. — Nubilosità media delle varie stagioni ad Udine ed a Palermo.

le medie dei mesi più nebulosi e più sereni, come risulta dal confronto che segue:

NEBULOSITÀ MEDIA.

	Mese più annuvolato		Mese più sereno
Udine	5.8	marzo, giugno	4.1 luglio
Milano	5.9	gennaio	3.0 »
Torino	5.3	maggio	3.7 »
Modena	6.5	novembre	3.3 »
Roma	5.1	dicembre	1.6 »
Napoli	5.7	novembre	2.1 »
Palermo	6.5	gennaio	1.6 »

Il Ragona (1) però, sulla base di un materiale piuttosto limitato, trovò che in generale la escursione fra la media del mese più oscuro e quella del mese più sereno è massima nelle stazioni marittime, media nelle poco elevate, minima nelle stazioni elevate: regola che s' accorda abbastanza bene con quanto trovò l' Hann, studiando lo stato di serenità del cielo nella regione alpina (2), come apparisce dal prospetto che segue:

NUBILOSITÀ MEDIA.

	Altezza	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno
Altip. Svizzero	420m	7.3	5.8	5.2	6.2	6.1
Tirolo	1300	4.6	5.8	5.4	5.2	5.2
»	1830	3.7	4.6	5.0	4.2	4.4
Alpi Orient. e Occid.	2600	4.6	6.1	5.6	5.5	5.4

(1) V. lo *Stato medio del cielo nell'undicennio* 1866-76 in *Ann. Stat. Italiano*, pel 1881.
(2) *Andam. diurno* citato in addietro.

(1) Note alla *Meteorol.* del MOHN, pag. 99.
(2) *Klimatol.*, pag. 179.

Digitized by Google

Dalla quale tabella si comprende anche come le valate, ed è il caso della Svizzera, abbiano autunni ed inverni assai nuvolosi, mentre i luoghi elevati godano in quelle due stagioni il maggiore sereno. Invece le alture e le cime agglomerano intorno a loro le nubi, specialmente la primavera e l'estate, in virtù sia delle correnti aeree solitamente dominanti, sia della brezza marina, sia in genere delle correnti ascendenti, sulle quali tutte le vette dei monti esercitano la funzione di condensatori.

Le condizioni decisamente opposte si notano nelle parti più meridionali della regione circummediterranea. Ad Atene, dove la media nebulosità annua è di 1.7, essa varia fra 2.7 in novembre, e soltanto 1.0 fra luglio e settembre; ad Alessandria, la media annua arriva a 2.4, ma la media del dicembre è di 4.0, e quella del giugno di 1.0; al Cairo finalmente la media annua è di 1.9, quella del febbraio di 3.0, quella del giugno di solo 0.8.

6. Allorchè, per una causa qualunque, ha luogo una rapida condensazione dei vapori contenuti in una massa di nuvole, allora l'acqua, a seconda della temperatura ambiente, passa di un subito allo stato liquido in forma di goccie o allo stato solido in forma di cristalli di ghiaccio. È questo processo che produce la cosidetta *precipitazione*. L'acqua poi, così ridotta in goccie liquide od in corpi cristallini, non può continuare a rimanere sospesa nell'aria e in balia della gravità scende più o meno rapidamente verso il suolo, in forma di *pioggia* e di *neve* o di *grandine*. Non è raro ancora che, essendo inferiore allo zero la temperatura dello strato atmosferico dove ha luogo la mutazione di stato del vapore acqueo, esso si trasformi in neve, e che questa, scendendo ed incontrando strati d'aria più caldi, si fonda e raggiunga il suolo sotto forma di goccie liquide. Parimente la pioggia, incontrando masse d'aria più fredde e dotate di temperatura inferiore allo zero, può daccapo congelarsi, ma questa volta lo farà non più in forma di cristalli, bensì in forma di pallottoline sferiche, o sferoidiche, o ovoidi, che costituiscono la così detta *pioggia ghiacciata o gelata* (*grésil* dei francesi, *riesel*, *graupel* dei tedeschi) e che non sono affatto da confondersi coi chicchi della gragnuola (1).

(1) Nel momento in cui correggiamo le prove di stampa del presente capitolo (fine di maggio del 1885) riceviamo un' importante pubblicazione, che in alcune parti cammina parallela alla nostra, cioè *La Terra e gli esseri terrestri*, *appunti di geografia generale* di VITTORE RICCI, Milano, Dumolard, 1885; pubblicazione che adesso possiamo soltanto citare, ma non utilizzare pel nostro lavoro. In essa alla pioggia gelata è dato il nome di *gragnoletta* o *gragnolischio*.

Riguardo alla pioggia e alla neve sono da distinguere due cose: la *frequenza* e la *quantità*. La frequenza è data dal numero dei giorni durante i quali ha avuto luogo una caduta di pioggia o di neve; la quantità risulta dall' altezza, alla quale giungerebbe la pioggia o l'acqua prodotta dalla neve fusa sulla superficie sulla quale è avvenuta la precipitazione, semprechè non ne scomparisse una goccia sola, nè per evaporazione, nè per infiltrazione. Per misurare opportunamente la *quantità di precipitazione* o l'*acqua caduta*, i meteorologi si servono di particolari strumenti, detti *pluviometri* od *imbrometri* od *udometri*, descrivere i quali non è ufficio nostro. Giova poi notare che, riguardo alla neve accanto alla quantità dell'acqua fusa che ne risulta, è importante tener conto anche dell'*altezza della neve non fusa* sul suolo; elemento che non è sempre in rapporto costante con quella.

Oltre alla semplice frequenza della pioggia è interessante altresì di determinare la *probabilità media* di sua caduta. Questo elemento si ottiene prendendo la media normale dei giorni di pioggia di un dato periodo e dividendo per essa il numero dei giorni di cui consta il periodo stesso. Così, per esempio, se a Milano, in gennaio, si contano in media 7 giorni di pioggia, la media probabilità di pioggia in quella città sarà pel mese di gennaio di $^7/_{31}$ cioè di 0.23.

Per la neve, oltre della probabilità di caduta, è importante tener conto della data delle prime e delle ultime nevicate e della permanenza della neve sul suolo.

È molto probabile che anche la pioggia, come gli altri elementi climatici, sia soggetta ad un periodo diurno od annuo. Il periodo diurno è assai difficile ad essere fissato senza strumenti registratori, soltanto da poco tempo inventati. Però le osservazioni finora praticate a Praga, a Vienna, a Berna, a Modena ad altrove, conducono ad ammetterlo. A Modena, per esempio, il Ragona (1) trova in autunno e in primavera (e probabilmente ciò avrà luogo tutto l'anno) un massimo di pioggia fra le 5 e le 6 ore pomer. e un minimo fra le 2 e le 3 ore antimer.; ma quanto ai

(1) RAGONA, *Andamento annuale e diurno delle precipitazioni* in *Annali della Meteor. ital.* Serie 2.ª, Parte I.ª, 1880, pag. 219.

Digitized by Google

massimi e ai minimi secondarî, l'accordo non è così spiccato, come per quei due ora accennati.

Il Venerio, durante il più volte citato quarantennio (1803-1842) di osservazioni (1), trovò che ad Udine tra il mezzodì e la mezzanotte cade notevolmente più pioggia (cioè il 56 per 100) che non nelle dodici ore che corrono dalla mezzanotte al mezzodì (cioè il 44 per 100); e che il periodo della massima piovosità è quello interposto fra il mezzogiorno e le 6 pomeridiane, in cui casca il 30 per 100 della pioggia, mentre quello della minima è il periodo interposto fra la mezzanotte e le 6 antimeridiane, nel quale ne casca solo il 22 per 100. Durante la notte (astronomica, cioè fra le 6 pomer. e le 6 antimer.) casca soltanto circa il 47.5 per cento, e durante il periodo diurno il 52.5 per cento della pioggia, che casca in media nelle 24 ore.

A Milano lo Schiaparelli (2) trovò massima la frequenza della pioggia fra le 6 e le 7 ore di sera e minima verso il mezzodì durante i mesi invernali: massima intorno alle 11 di sera o a mezza notte, minima verso le dieci del mattino, durante gli estivi.

Va da sè poi che sì per questo, come pel periodo annuo, la quantità e la frequenza della pioggia restano assai influenzate dal vento prevalente e da circostanze locali.

Il periodo annuo, per molte regioni del globo, si manifesta in una forma decisa e spiccata, com'è quella che già notammo a proposito della nebulosità, per cui anzi le stagioni quivi, più che essere contrassegnate dalle variazioni della temperatura, lo sono, come vedremo, da quelle stesse della piovosità, ed abbiamo la stagione e le stagioni *secche* e quelle *della pioggia*. Ma anche laddove questo fenomeno non si verifica, ha luogo quasi dovunque una certa variazione nella piovosità lungo il periodo annuale. Soltanto, siccome la frequenza o le quantità delle pioggie sono uno degli elementi metereologici meno soggetti a regole fisse, così, per averne una norma sicura, è necessario assumere a base lunghe serie di osservazioni. Ecco, per esempio, qual'è l'andamento annuo della pioggia a Milano e a Padova (Fig. 485), prendendo le medie mensili di un periodo di 119 anni (1764-1882) per quella, e di 158 anni (1725-1882) per questa città (1).

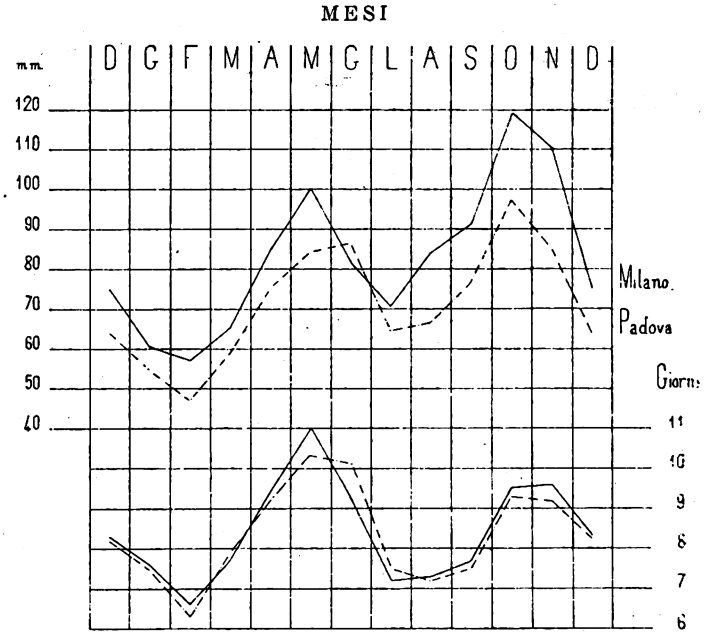


Fig. 485. — Quantità e frequenza della pioggia a Milano e a Padova a seconda dei vari mesi dell'anno.

	Milano		Padova	
	Quant. mm.	Frequenza (giorni)	Quant. mm.	Frequenza (giorni)
Dicembre	75.1	8.3	64.0	8.2
Gennaio	60.4	7.6	54.7	7.5
Febbraio	57.0	6.6	47.2	6.3
Marzo	65 3	7.7	59.0	7.9
Aprile	84.8	9.4	75.3	9 2
Maggio	100.1	**11.0**	84.1	**10.3**
Giugno	81.6	9.3	86.4	10.1
Luglio	70.6	7.2	64.6	7.5
Agosto	83.9	7.3	66 5	7.2
Settembre	91.2	7.7	76.5	7.5
Ottobre	**119 2**	9.5	**97.1**	9.3
Novembre	110.4	9.6	85.8	9.2
E volendo riassumerle nelle stagioni e nell'anno				
Inverno	192.5	22.5	165.9	22.0
Primavera	250.2	**28.1**	218.4	**27.4**
Estate	236.1	23.8	217.5	24.8
Autunno	**320.8**	26.8	**259.4**	26.0
Anno	999.6	101.8	861.2	100.2

(1) Venerio, opera cit., pag: 74.
(2) *Mediolanum*, pag. 22.

(1) Schiaparelli, *Mediolanum*, pag 20; — Lorenzoni, *Sulle osservazioni udometriche eseguite in Padova dal*

Digitized by Google

Com'è facile vedere, l'andamento della pioggia a Milano e a Padova, sì per la quantità come per la frequenza, è molto uniforme. In entrambe le città il mese della minore piovosità è il febbraio, quello della maggiore l'ottobre; in entrambe la stagione meno piovosa è l'inverno, la più piovosa l'autunno; in entrambe la curva della piovosità lungo l'anno presenta due massimi e due minimi, in modo che dal minimo principale del febbraio la pioggia va crescendo nella primavera fino a raggiungere un massimo secondario a Milano in maggio, a Padova in giugno; d' onde va diminuendo fino a raggiungere il minimo secondario in luglio; dal quale mese la piovosità cresce dapprincipio lentamente, poi più rapidamente, fino a raggiungere il massimo principale dell' ottobre, massimo che tende a mantenersi anche nel novembre e cala con rapidità soltanto in dicembre e in gennaio. Questo per la quantità. Quanto alla frequenza della pioggia, l'andamento è alquanto diverso, vale a dire che anche per essa si ha una doppia curva e che il minimo principale succede in febbraio, ma il massimo principale ha luogo in maggio e in giugno, invece che nell' ottobre, nel qual mese si verifica il massimo secondario della frequenza. Il che arreca anche la conseguenza che la stessa quantità di pioggia si divide in un numero diverso di giorni nelle varie stagioni e nei varî mesi dell' anno, in modo che la quantità d' acqua caduta in media durante un giorno di pioggia in un certo tempo dell' anno è minore di quella che cade sempre durante un giorno, in un altro tempo dell'anno. Così, in gennaio, durante un giorno piovoso, cadono in media a Milano 7.9^{mm}, a Padova 7.3^{mm} d'acqua; in ottobre a Milano 12.5^{mm}, a Padova 10.4^{mm}.

Naturalmente siffatta distribuzione della piovosità lungo il periodo di un anno è diversa da luogo a luogo, come vedremo più avanti.

In una stessa località, poi, e lo dicemmo, si possono avere delle medie diversissime per uno stesso mese da anno ad anno. A Milano, per esempio, secondo lo Schiaparelli, in un periodo di 115 anni (1764-1878) si avrebbero avuti dei salti curiosissimi. Così nel febbraio 1836 si ebbero anche 261^{mm} di pioggia, e d'altra parte si notarono fino a 6 volte nelle quali in tutto quel mese non cadde goccia d'acqua; nel settembre del 1842 si ebbero quasi 343^{mm} di pioggia, e pure per questo mese si potè per 3 volte registrare zero nella rubrica della pioggia. La massima quantità di pioggia in un mese (376^{mm}) si ebbe nell'ottobre 1872. A Padova poi nel gennaio 9 volte, e nel febbraio 11 volte, non piovve; e per contrasto nel 1772 in gennaio piovve quasi 307^{mm}, che fu la massima quantità di pioggia caduta in un solo mese; e nel 1802, in febbraio, quasi 174^{mm}. Ad Udine, durante il quarantennio 1803-1842, si poterono registrare in ottobre nel 1812 fino a 536^{mm} (massima quantità di pioggia cadutavi in un un solo mese) e nel 1830 soltanto 23^{mm}; in novembre nel 1826, fino a 530^{mm}, nel 1805 soltanto 5.4^{mm}; in febbraio, nel 1836, fino a 344^{mm}; nel 1814, nemmeno una goccia di pioggia.

La stessa irregolarità si nota anche per l' anno. A Milano nel 1814 piovve fino a 1574^{mm} e nel 1871 soltanto 639^{mm}; a Padova nel 1772 piovve fino a 1561^{mm} e nel 1822 soltanto 452^{mm}; ad Udine nel 1804 piovve fino a 2173^{mm}, nel 1834 soltanto 706^{mm}, con un rapporto fra l' anno di minima e di massima piovosità, che nei due ultimi esempî supera quello di 1 a 3 (Fig. 486).

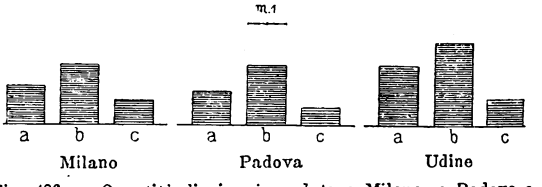


Fig. 486. — Quantità di pioggia caduta a Milano, a Padova e ad Udine; in media annua (a), nell'anno di massima (b) e in quello di minima (c) piovosità. Scala da 1:200.

Anzi la notata variazione si spinge fino a medie di periodi ben più lunghi dell' anno. Per esempio, a Milano la media quantità annua di pioggia durante il decennio 1775-1884 è di soli 879^{mm}; quella del decennio 1835-1844 è di quasi 1140^{mm}; a Padova, la media annua del decennio 1815-1824 è di soli 656^{mm}, quella del decennio 1765-1774 arriva a 1043^{mm}; dando origine, come si vede, a differenze notevolissime, che non si annullano, come avviene per gli altri elementi meteorologici, nemmeno per periodi lunghissimi. Così, a Milano, la media annua del cinquantunennio 1764-1814 ammonta a 943^{mm}; mentre quella dei 62 anni 1815-1876 ammonta a 1028^{mm}; e a Padova la media annua dei 74 anni che corrono fra il 1725 ed il 1798 arriva a 895^{mm}, e quella

1725 *al* 1871, Padova, Randi, 1873; — Millosevich, *Sulla distribuzione della pioggia in Italia*, Serie II, vol. 3.°, P. I.ª, 1881, pag. 3 e seg.; idem. *Appendice*, in stessi *Annali*, vol. 5.°, P. 1.ª, 1883.

Digitized by Google

dei 74 anni, che stanno fra il 1799 ed il 1872, soltanto ad 833 mm.

Siffatte irregolarità, che rendono così difficile, per non dire impossibile, fissare una normale costante della piovosità non soltanto decadica o mensuale, ma pur anco annua o decennale, si appalesano ancora diverse fra località poste a brevi distanze una dall'altra. Così, a mo' d'esempio, come osserva il Lorenzoni, nel 1814 a Padova si ebbero 27 mm di pioggia in meno della media, a Bologna 9mm in più, ad Udine 258 e a Milano 646 mm pure in più. E l' asciutto anno 1834 manifestò tale sua qualità in misura diversa nelle varie stazioni, poichè Padova e Bologna ebbero 365 mm di pioggia, Milano 146, ed Udine ben 873 in meno del medio.

Parimenti si notano talvolta nelle stesse nostre regioni dei periodi assai lunghi ed estremamente asciutti, ovvero anche dei veri rovesci di pioggia in un tempo assai breve. A Modena, dal gennaio 1870 al settembre del 1871, cioè in 21 mesi, si verificò una caduta d' acqua pari soltanto a 852.5mm. Ora, se si calcolasse, sulla base delle medie normali mensili tolte da un quarantennio, la caduta d'acqua nel medesimo periodo, avrebbe dovuto essere di 1269.mm3 (1).

D'altra parte, a Modena stessa, si ebbero al 27 agosto 1867 circa 67.5mm di pioggia in 1 ora e 3/4; ad Udine il 15 agosto 1840 non meno di 94.7mm in un' ora; a Ginevra il 30 maggio 1827, più di 162.4mm in 3 ore. E ad Udine ancora a 13 ottobre 1804 caddero 202mm in 14 ore e 1/2; mentre l'11 ottobre 1875 a Tolmezzo ne caddero 165mm in 24 ore ed altri 99mm ancora in 24 ore il giorno 13 dello stesso mese ed anno. Ma, se vera, sempre per le nostre regioni temperate la pioggia più straordinaria nel periodo di 24 ore sarebbe quella che si vuole caduta a Genova a 25 ottobre 1822, che sarebbe salita a non meno di 825mm (2), e alla quale si potrebbe paragonare soltanto quella di 792mm caduta a Joyeuse, nella valle dell' Ardéche, durante 21 ora, il 9 ottobre 1827 (3).

(1) Ragona, *Note*, ecc. pag. 107.

(2) Rammentata dal Venerio op. cit., pag. CXLIV. Gli altri numeri sono tolti quasi tutti da G. Marinelli, *Le staz. meteor. di Tolmezzo* e *Pont. nel* 1874-75 citato pag. 62 Dallo Schmid, *Lehrb. der Meteor.*, che cita gli *Ann. de chim. et de phys.*, T. 26, pag. 407 la pioggia di Genova sarebbe ragguagliata a poll. ingl. 30, cioé soltanto a 762.mm Il Flammarion (*L'atmosfera*, pag. 645) la afferma pari a 81 centim.

(3) Réclus, *La Terre*, 2°, pag. 354. Nella Germania, secondo uno studio accurato dell'Elmann, le massime quantità di pioggia cadute in un mese di rado superano i 300.mm A Klausthal però raggiunsero i 456.mm. La quantità massima di pioggia caduta in un giorno raggiunge appena o supera di poco 100.mm nella Germania settentrionale; nella meridionale arrivò anche a 227.mm. La massima quantità d'acqua caduta in un'ora fu notata a Waltershausen, presso Gotha, il 14 agosto 1884 e fu di 75.mm. A Wermsdorf in 15 minuti caddero 31.mm4 di pioggia. Non sembra che vi sia veruna relazione fra le medie e le massime, nè diurne nè mensili. Da una recensione del prof. G. Roberto, in *Bollett dell' Assoc. Meteor. ital.*, Serie II., vol. 4.°, N. XI., nov. 1884., pag. 187.

E nel maggiore periodo di una decade si hanno pure memorie di pioggie veramente straordinarie. Ci limitiamo, fra molti esempi, a citare quello che concerne il nubifragio della seconda decade del settembre 1882, che produsse le spaventose innondazioni per cui quel mese resterà tristamente memorando agli abitanti delle vallate alpine, sulle quali specialmente imperversò il rovescio. Si avverta ancora che, quantunque tutta la decade sia stata piovosa, la maggiore piovosità si concentrò nei tre giorni del 15, 16 e 17 settembre. Ecco quindi quale fu la pioggia misurata in parecchie stazioni della rete Alpino - apenninica durante quella 2.ª decade di settembre (1).

Stazioni	Pioggia	Stazioni	Pioggia
Belluno . .	395mm	Levo	667mm
Asiago . .	483	Ornavasso	646
Schio . . .	544	Pallanza	557
Pordenone	476	Varallo	588
Trento . .	346	P. S. Bernardo . .	609
Como . . .	544	M. Penna (Apen.)	418

E a queste crediamo di aggiungere le cadute d'acqua di alcune stazioni austriache durante i tre giorni ora indicati (2).

Nebulosità media.

Stazioni	Pioggia caduta 14, 15, 16 sett.	Stazioni	Pioggia caduta 14. 15, 16 sett.
Bolzano . . .	134mm	Rovereto . . .	254mm
Coredo	196	Toblach	136
Pejo	279	Raibl	170
Trento	255	Oberdrauburg .	187
Predazzo . . .	225		

Naturalmente le piogge ora citate spettano a una zona veramente nota per forte piovosità; ma che non è al certo la più piovosa del globo. Nelle regioni tropicali e soggette alle piogge portate dai monsoni, si notano delle precipitazioni molto ragguardevoli in qualsiasi dei periodi ora avvertiti. Ci

(1) *Bollett. Decadico dell'Ass. Meteorol. ital.*, Anno XI., N.° 10, settembre, 1882.

(2) Koch Gust. Ad., *Ursachen der Hochwasser Katastrophe*, ecc. in *Zeitschr. d. d. u. oest. Alpenv.*, 1883, pag. 144; — Wondrak, *Bewaldung und Hochwasser*, id., pag. 177.

Digitized by Google

limiteremo a questo proposito a citare la celeberrima stazione di Scerrapongì (Cherraponjee), posta nell' India a 25°14' di latitudine N. e a 1250m sul mare, nota per essere il punto più piovoso del globo. Ivi, in media annua (23 anni di osservazioni) cascano 12526mm di pioggia; ma nel 1861 vi caddero non meno di 22990mm e nel solo luglio di quell'anno 9300mm. (Fig. 487). Il 14 luglio 1876, in sole 24 ore, si ebbero poi 1036mm di pioggia! (1). Ricordiamo ancora che in un' altra stazione dell' India inglese, a Bhosuwul nella notte fra il 1.° e il 2 luglio del 1883, durante 12 ore caddero 385mm di pioggia (2).

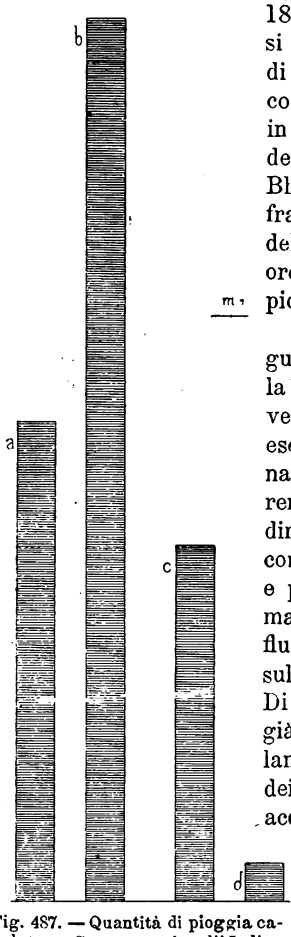


Fig. 487. — Quantità di pioggia caduta a Scerrapongì nell' India: in media annua (a); nell' anno (b); nel mese (c) e nei giorni (d) più piovosi.
La scala del disegno è da 1 : 200.

È facile altresì arguire come, allorchè la pioggia cade a rovesci così dirotti, essa eserciti un'azione dinamica non indifferente, sia coll' urto diretto delle goccie contro il suolo, sia, e più ancora, colla massa delle acque fluenti in breve tempo sulla sua superficie. Di quest'ultimo azione già toccammo, parlando dei torrenti e dei fiumi. Nei nostri acquazzoni estivi, non è raro vedere goccie di pioggia projettate sul suolo in un disco di 5-6 e secondo alcuni anche 8 centimetri di raggio; e i viaggiatori che assistettero ai rovesci delle pioggie tropicali non parlano di goccie, quanto di veri e continui fili e quasi colonne d'acqua cadente.

7. Le catene di montagna e in generale l'altitudine esercitano un'azione notevole sopra la caduta della pioggia. Di regola la

(1) HANN, *Klimatol.*, pag. 297 e 302.
(2) *Bollett. dell'Assoc. meteor. ital.*, Serie II, vol. IV., VIII, agosto 1884, pag. 131.

sua quantità aumenta in ragione dell'altitudine. In Germania, ad esempio, nella regione montuosa centrale, si calcola che la quantità di pioggia s'accresca secondo le altitudini nella misura seguente.

Altitud.	Media cad. di pioggia	Altitud.	Media cad. di pioggia
1-200m	580mm	400-500	780mm
200-300	650	500-700	850
300-400	700	700-1000	1000 (1).

In Italia, il Ragona (2) avea trovato che in media nelle stazioni elevate si poteva calcolare su 874mm., nelle poco elevate su 821mm. e nelle marittime su 850 mm. di pioggia annua, differenza non grave e che, a motivo dello scarso materiale, sopra il quale venne condotto il parallelo, potrebbe esser prodotta da altre cause, oltre che dalla differenza di livello. Ma realmente l'influenza dell'altitudine sulla quantità di pioggia si manifesta quasi ogni volta si confrontino due stazioni vicine poste a differente livello. Ad esempio, le stazioni di Roma e di Montecavo (colli Laziali) sono distanti in linea retta una dell'altra soltanto 24 chilom., e tuttavia, nel quinquennio 1877, si ebbe nelle due stagioni la pioggia indicata qui sotto.

	Altitud.	Pioggia
Roma (Coll. R.)	63mm	751mm 3
Montecavo	965	1088 6

Cioè una differenza di 337mm.3, evidentemente prodotta dalla differenza di livello di oltre 900m, che corre fra le due stazioni (3). E considerazioni analoghe o non molto diverse potrebbero ripetersi per Reggio di Calabria (altit. 18m: pioggia media 536mm.), Catanzaro (altit. 343m: pioggia media 970mm.) e Cosenza (altit. 256m: pioggia media 1202mm.); fra Bari (alt. 0m: pioggia media 528mm.) e Locorotondo (altit. 277m: pioggia media 916mm); fra Ancona (altit. 30m: pioggia media 727mm.) e Pesaro (altit. 14m: pioggia media 568mm.)

(1) HANN, *Meteorol.*, pag. 186. E nel Belgio s'é trovata questa distribuzione della quantità di pioggia caduta a varie altezze durante però un solo anno, il 1882.

Altit. in metri	Pioggia nel 1882
Sotto i 10	825mm
da 10 a 100	875
» 100 » 200	1020
» 200 » 400	1220
» 400 » 700	1375

Cnfr. *Ann. de l'Observ. Royal de Bruxelles*, 1884, 51, Année, pag. 237.
(2) RAGONA, *Note*, al MOHN, pag. 108.
(3) MILLOSEVICH, *Appendice* citata, pag. 99 e 121.

Digitized by Google

da un lato e Urbino (altit. 451m: pioggia media 1019mm.) e Camerino (altit. 664m: pioggia media 1027mm.) dall'altro.

Però questa regola non si verifica in tutti i casi, essendo molte volte subordinata a circostanze locali. Anzi, talvolta, allorchè si tratta di piccole differenze di livello, si nota il fenomeno inverso: cioè una diminuzione di piovosità col crescere dell'altitudine. Così è noto come a Parigi la media annua della pioggia raccolta sul terrazzo dell'osservatorio a 27m. sopra il suolo salga circa a 500mm, mentre quella raccolta dal pluviometro del cortile, posto a 2m. sopra il suolo, sia di circa 560mm., cioè superi di quasi $^1/_8$ quella prima quantità. Lo stesso fatto, quantunque in misura diversa, si verificò dal Venerio ad Udine, dal Gray e dal Phillips a Jork, dal Person a Besançon ed altrove. Anche nei due osservatorî di Napoli, ha luogo il fenomeno medesimo, poichè a quello di Capodimonte, posto a 149m d'altezza, piove in media (62 anni d'osservazione) 824mm; a quello dell'Università, posto a soli 57.m, d'altezza, piove in media (14 anni di osservazione) 916mm. E dicasi lo stesso della stazione di Hohenpeissenberg in Baviera, posta sopra una acuta montagnola a 974m. sul mare e a 300m. circa sul piano circostante. Or bene, ivi piovono soltanto 586mm. d'acqua, mentre le circostanti stazioni di Augusta (482m.), di Kempten (698m.) e di Seeshaupt (594m.) ne ricevono invece rispettivamente non meno di 1020, 997 e 1050mm all'anno (1). La ragione di siffatta diminuzione di piovosità per piccoli dislivelli, pare consista nella dispersione prodotta dalle correnti aeree più rapide e violenti alle maggiori altezze, che non presso al suolo. Ormai nessuno pensa ad un accrescimento nella massa delle goccie di pioggia mentre cadono, prodotto di una precipitazione del vapore acqueo contenuto nell'aria ch'esse attraversano.

Coll'altitudine, e più dell'altitudine, concorrono a determinare il regime della piovosità di una stazione la sua vicinanza o lontananza e il suo orientamento rispetto alle catene di montagne. Si potrebbero trovare numerosi esempi acconci a confermare l'asserto, che, cioè, in generale la piovosità di un paese cresce avvicinandosi alla montagna. Questa regola poi si manifesta spiccatissima verso quel lato della catena montuosa, che guarda il mare o, in genere, la plaga, d'onde arrivano i venti maggiormente piovosi. Così, nell'India inglese, le stazioni seguenti son tutte poste a 20m. d'altezza sul suolo; ma distano in misura diversa dai monti Khassia. Ecco ora la misura di tale distanza e della piovosità media annua.

	Distanza dal piede dei monti Khassia in chilom.	Quantità annua di pioggia.
Dacca	161 . . .	1910mm
Bogra	96 . . .	2310
Mymeusingh . . .	48 . . .	2740
Silhet	32 . . .	3800

Parimenti puossi dire di Padova (861mm.) e Vicenza (1159mm.); di Mantova (644mm.) e Verona (844mm.) e di altre stazioni italiane, poste a piccole differenze di livello e soggette a ben diversa piovosità a seconda della loro vicinanza alla montagna. Siccome però coll'avvicinarsi alla montagna avviene che anche il livello del suolo si elevi, così gli elementi che producono l'aumento progressivo della piovosità sono certamente due. Il che dà ragione del perchè si veda in generale una grande somiglianza fra le tinte e la loro distribuzione tanto in una carta pluviometrica quanto in una semplice carta ipsometrica a curve e a zone di livello.

Bellissimi e numerosi esempî si possono poi addurre delle differenze nella piovosità, che intercedono fra paesi posti sopra due diversi pendii di una catena di montagna, allorchè questa si oppone trasversalmente alle correnti aeree cariche di vapori. Così l'Hann (1), a questo proposito, rammenta come lungo le coste occidentali della Norvegia, fra 58 e 63° di latit. settentrionale, cadano da 1000 a 1900mm. di pioggia, mentre sul versante baltico non se ne notino più di 400 o 500mm; così in Iscozia le stazioni del versante occidentale segnano da 1200 a 3000mm. quelle dell'orientale non oltrepassano i 600 o gli 800mm.; e nella N. Zelanda le pioggie del lato occidentale salgono annualmente a 2870mm.; quelle dell'orientale stanno fra i 600 e gli 800mm.; e nell'Australia, in complesso, fra 28° e 23° di latitudine meridionale, sulla costa orientale cascano 1360mm, nell'interno al di qua della catena circa 1140mm e al di là soltanto 670mm.

In Italia contro i venti meridionali più carichi d'umidità sta dapprima la catena appenninica settentrionale, poi l'alpina. Quindi,

(1) V. Sonklar, *Regenkarte des oesterr-ungar. Monarchie*, cit. più avanti. Illustrazione, pag. 5.

(1) *Klimatologie*, pag. 183.

Digitized by Google

confrontando le regioni ligure e toscana col versante di destra della valle padana, troveremo quello assai piovoso, questo assai asciutto. E di fatti a Genova si hanno in media 1307mm. di pioggia, a Firenze 917 e a Pescia 1452; quando la citata zona meridionale padana (che comprende da Brà e da Alessandria, per Parma, Modena, Bologna, a Forlì e a Ferrara) presenta una media complessiva di soli 671mm. di pioggia.

Osservando una carta della distribuzione delle pioggie nella regione alpina (1), si vede chiaramente ripetersi un analogo fatto rispetto alla catena delle Alpi, anzi, si può dire, ad ogni grande allineamento alpino disposto nel senso dei paralleli. Alla zona subalpina italiana di forte piovosità, dove la pioggia dovunque supera 1m. d'altezza, sovente arriva ad 1.m50 e in casi non rari a 2m. e più (2), succede una breve striscia trasversale formata dalla vallata della Mur, dell'alta Drava, della Rienz, dell' Eisach e dell'Adige, lungo la quale la piovosità scende ad 800, a 700 ed anche a poco più di 600mm. La zona del Tauern e in genere dello spartiacque segna di nuovo un aumento, che, con varie oscillazioni, perdura lungo la regione dei laghi dell'alta Baviera e dell'alta Austria, finchè non casca definitivamente a 600mm. e anche a soli 500mm. lungo tutto l' asse contorto della valle del Danubio da Ulma quasi a Belgrado, salvo un tratto non lungo di maggiore piovosità attraverso l' Austria superiore. E, insistendo l'osservazione, lo stesso o poco diverso procedimento si vede ripetersi lungo la selva Boema, i Riesengebirge, i Tatra, i Carpazi e le Alpi Transilvaniche.

Allorchè poi avvertimmo che in generale la piovosità cresce coll'altitudine, dovevamo aggiungere che tale accrescimento non è illimitato. Vi ha una zona oltre la quale la pioggia non aumenta più; ma diminuisce. Tale zona per la parte maestrale dell'Imálaia fu trovata a circa 1270m. d' altezza, cioè a poco meno di un migliaio di metri sulla pianura indostanica, ed ivi piove da 3 a 4 volte (3.7) più che non sul piano, mentre a 3000m. d'altezza nella medesima regione piove solo una quinta parte della pianura. Nei monti Ghati occidentali la zona della massima piovosità cade intorno ai 1400m; ed è appunto in tale zona e pressochè a quell'altezza, che nei monti Khassia si trovano le stagioni più piovose del globo: Scerrapongì (1260m.) con 12530mm., Mahalabushlevar (1380m.) e Baura con 6430 e 6620mm. di pioggia annua. A Giava la zona della massima piovosità si trova intorno ai 1000m; sulle Alpi intorno ai 2000m; nella regione collinesca dei laghi inglesi intorno ai 500m.

Finalmente, prescindendo anche da ogni ragione altimetrica ed orografica, la quantità della pioggia si lascia influenzare altresì dalla semplice distanza di un paese dal mare. Così, a Lisbona, a Coimbra, a Porto, a Santiago cadono rispettivamente 753, 894, 1430, 1759mm. di pioggia, mentre ne cadono 380 a Madrid, 268 a Salamanca, 336 a Valladolid, 358 a Saragozza, paesi posti nell'interno della penisola iberica; ed è soltanto avvicinandosi alle spiaggie del Mediterraneo che si trova di nuovo un aumento nella piovosità; così, ad Alessandria d'Egitto si notano 215mm. di pioggia annua in media ed al Cairo soltanto 30. La uniformità del suolo russo si presta assai opportunemente per uno studio di tal genere. Nelle province baltiche cascano ogni anno da 5 a 600mm. d'acqua, ma a Chief 490, a Casan 350, ad Astracan 120, a Bogolowsk 390, a Tobolsc 460, a Barnaul 230mm. In generale però, nella regione russa, si nota che la diminuzione non ha luogo tanto dal mare verso l'interno del continente, quanto da ovest ad est e da nord a sud. Nella valle del Mississippì la regione contermine al golfo del Messico, gli stati di Alabama, del Mississippì e della Luisiana ricevono circa 1400mm. di pioggia in media annua; ma man mano che ci allontaniamo dalla costa verso settentrione, tale quantità diminuisce, sinchè presso i grandi laghi si arriva a soli 800mm. all'anno. E nell'America meridionale, mentre i paesi prossimi della costa orientale raccolgono da 800mm. a 2m. e più di pioggia in un anno, nell'interno, a Rioja, a S. Juan, a Mendoza, a Catamarca si raccoglie assai meno di 1/2 metro di pioggia nell'istesso periodo di tempo.

Nulladimeno giova tener presente sempre che l'azione della distanza dal mare ora si associa ora contrasta colle influenze dell'altimetria e della posizione delle montagne e con altre cause nel determinare la quantità di pioggia di una regione, sicchè riesce arduo

(1) Cnfr. per es. quella assai bella di C. von Sonklar, *Regenkarte des oesterreich-ungarischen Monarchie* in *Phys kalisch-Statistischer Hand-Atlas von Oesterreich-Ungarn*, ecc. von J Chavanne, Wien, Hölzel, in corso di public. dal 1882, foglio 4°.

(2) *Tolmezzo*, media del seiennio 1874-1879 = 2179 mm; media di 25 anni (dei quali 19 di osservazioni vecchie) 2440 mm circa. *Pontebba*, media di un quadriennio, 1875-1878 = 2019.mm; *Pallanza*, 2360.mm, ecc.

Digitized by Google

sceverare quanto spetti a ciascuna di queste azioni nella formazione di uno speciale regime pluviometrico, tanto più che finora le osservazioni esatte intorno a tale fenomeno sono poco diffuse e vantano generalmente serie troppo brevi.

8. E un'influenza notevole sulla distribuzione delle pioggie viene ad averla anche la latitudine, sì per la quantità come per la frequenza nelle varie stagioni dell'anno. E ciò è facile comprendere allorchè si pensi come tale distribuzione necessariamente dipenda da quella delle correnti aeree e della temperatura, e queste a loro volta sono in gran parte un prodotto delle vicissitudini astronomiche, alle quali la Terra nel corso dell'anno è esposta. La latitudine, primo fattore sempre delle variazioni climatiche, lo è di necessità anche delle udometriche, per cui già a priori si dovrebbe ammettere l'esistenza indispensabile di alcune zone contraddistinte per diverso regime pluviometrico e basate specialmente sopra zone di latitudine. Senonchè già avvertimmo del gran numero di azioni modificatrici di una regolare distribuzione delle pioggie e specialmente di quelle azioni che provengono in via sì diretta, che indiretta, dalla varia distribuzione delle terre e dei mari sul globo.

Per quanto, però, le zone pluviometriche restino alterate dai molti fattori accennati, tuttavia esse rimangono abbastanza evidenti, come puossi riconoscere osservando la tavola schematica che unimmo alla nostra opera (vedi Tav. XXVII) e alla quale cercammo di dare la massima semplicità.

Secondo tale divisione fissata sulla base dei lavori del Wojeicoff (1), dell'Hann e di altri, le zone pluviometriche più distinte sono *nove*:

1. *Zona delle pioggie equatoriali.* Il *cloud ring* dei marinai inglesi, l'anello nubiloso che gli alisei mantengono sempre sopra la cosiddetta zona delle calme, assieme a questa stessa zona oscilla a settentrione e a mezzogiorno dell'equatore, apportatore di pioggie, a seconda della declinazione del sole e quindi a seconda delle stagioni. La zona delle pioggie equatoriali veramente si distende assai ristretta in generale a nord dell'equatore fra i 2° e i 10° o 12°, lungo gran parte del Pacifico; ma traverso l'America e nell'Atlantico occidentale si abbassa alquanto, allargandosi nell'altro emisfero, durante i mesi primaverili ed estivi, fino a toccare il parallelo 5° di latitudine australe. Tanto a ponente dell'Africa, quanto a mezzogiorno della California, raggiunge i 13° o 14° di latitudine boreale. Le pioggie equatoriali non formano però una fascia continua e ininterrotta tutto intorno al globo: una forte soluzione di continuità si manifesta in esse dalla costa occidentale dell'Africa fino circa alla N. Guinea, sicchè la sola parte continentale in essa compresa è la regione che costituisce il bacino dell'Orenoco e la sezione nordica del bacino delle Amazzoni, territori occupati dai *campos*, dai *llanos* e dai *bosques*, di cui altre volte parlammo. In questa zona piove generalmente tutto l'anno, ma con grande prevalenza dei mesi estivi ed autunnali, per le parti poste sui suoi limiti più settentrionali. Per esempio, ad Aspinwall (istmo di Panamà) a 9° 23′ lat. N., dei 3089mm di pioggia annua segnativi, 1041 vi cadono in estate, 1302 in autunno, e gli altri 746mm vi sono scompartiti in parti eguali fra inverno e primavera, ma in modo che nei quattro mesi, da gennaio ad aprile, non vi si notano che 163mm di pioggia. Invece alla Cajenna (a 4° 56′ lat. N.) la stagione della massima piovosità è la primavera, durante la quale cascano 1653mm d'acqua, la metà o poco meno di quanta (3515mm) vi casca tutto l'anno (1). E a Sierra Leona in Africa a 8° 29′ di lat. N., località posta sui limiti di tale zona, nei soli due mesi di agosto e di settembre cadono 1466mm di pioggia, cioè il 44 p. 100, e nei quattro mesi da luglio ad ottobre esattamente l'80 per cento di quanta (3331mm) ne casca in tutto l'anno. Quindi, in tali casi una o più vere stagioni secche s'interpongono ai più o meno lunghi periodi di piovosità. Uno dei punti più piovosi di questa zona, già in complesso assai ricca di precipitazione, è Maranhao nel Brasile (2° 1/2 di lat. S.), dove piove 7110mm d'acqua all'anno.

2. *Zone degli alisei, povere di pioggie.* Al di qua e al di là della zona equatoriale, e parallele ad essa, corrono le due zone degli alisei, larghe in qualche luogo soltanto da 10 a 12°, in qualche altro da 20 a 25°. Tali zone non si stendono sui continenti, anzi, degli oceani, l'Indiano ne possiede una sola, la meridionale. Comprendono quindi esse le regioni più povere e talvolta prive di pioggie, perchè gli alisei, essendo venti freddi, soffiando sugli

(1) *Vertheilung der Niederschläge* in *Zeitschr. für wissensch. Geogr.*, I, pag. 218; — *Die Atmosphärische Circulation*, ecc. in PETERMANN'S *Geogr. Mitth'il*, 1874 Ergänzungsheft, N.° 38.

(1) HANN, *Klimat.*, pag. 348 e seg., 253 e seg.

Digitized by Google

oceani e dirigendosi verso regioni sempre più tepide, non incontrano cause di condensazione, prima d'imbattersi nei continenti e negli ostacoli orografici che questi presentano. All'Ascensione (7°55′ di latit. S.), posta nel cuore dell'aliseo di SE, non si notano più di 84mm di pioggia dall'anno.

Però, nei continenti e nelle isole maggiori, gli alisei si contengono diversamente. Urtando nelle montagne e negli altopiani, sono costretti ad elevarsi e quindi a raffreddarsi, e perciò a dare tributo di pioggie. Ed è questo procedimento che ingenera la formazione delle zone seguenti.

3. *Zone delle pioggie tropicali.* Anche qui non si tratta di una soltanto, ma di varie fascie interrotte qua e là. Così nell'America vi sono due zone di pioggie tropicali: una che abbraccia quasi tutta l'America centrale, dalla Florida a Panamà, l'altra l'America meridionale, dall'asse fluviale delle Amazzoni a circa il 28° di latitudine australe, e salvo la zona litorale occidentale. Nell'Africa havvi una sola zona che abbraccia Madagascar e gli arcipelaghi contermini, tutta l'Africa e l'Arabia a mezzogiorno del 18° di latitudine settentrionale, ad eccezione del deserto di Calahari e di una parte della colonia del Capo di Buona Speranza. Un'ultima sezione, questa veramente marittima, occupa una parte notevole del Pacifico australe.

Nell'America centrale generalmente si notano due stagioni diverse: una piovosa, che va da giugno a settembre e talvolta ad ottobre; l'altra asciutta (*verano*), che comprende i mesi invernali. Così a Guatemala (14°37′N.), nell'estate cadono in media 781mm d'acqua, nell'inverno soltanto 19; a Messico (19°26′N.) 346mm nell'estate, 20 nell'inverno. E nelle Antille esiste una predominanza nella piovosità della parte estiva dell'anno, ma in modo che essa abbraccia circa sette mesi, da maggio a novembre, con due stagioni maggiormente piovose a principio e al fine. interrotte da una breve stagione calda e relativamente asciutta, il *veranillo.*

Così alla Giamaica e ad Haiti i mesi più piovosi son maggio ed ottobre, i più asciutti gennaio o febbraio; però neanche l'inverno non è perfettamente asciutto.

Nella zona delle pioggie tropicali dell'America meridionale la stagione piovosa va da ottobre o da novembre a marzo o ad aprile, negli ultimi mesi cadendo le pioggie maggiori. A Tucuman (26°50 S.) nei quattro mesi da dicembre a marzo cadono 590mm d'acqua, nei quattro mesi da giugno a settembre 43mm, essendovi il mese più piovoso il febbraio. Nelle parti più settentrionali della zona africana delle pioggie tropicali si nota una stagione decisamente piovosa che comprende i tre o quattro mesi più estivi da giugno o da luglio ad ottobre, e una stagione affatto asciutta che dura sei o sette mesi, da novembre a maggio. Esempio: Gorea (14°40′ N.) dove da luglio a settembre, in 3 mesi, piovono 499mm d'acqua e da ottobre a giugno, in 9 mesi solo 33, anzi nell'inverno 2 e nella primavera 0mm. Ma nelle parti più prossime all'equatore si notano due stagioni piovose, primavera ed autunno, e due asciutte, inverno ed estate, però in misura diversa. Così a Fernando Po (3°46′ N.) e al Gabun (0°25′ N.) stagioni piovosissime sono prima l'autunno, poi la primavera, ma a Fernando Po discretamente piovosa è l'estate, discretamente asciutto, ma non affatto secco è l'inverno; mentre al Gabun discretamente piovoso è l'inverno ed asciutto l'estate; caratteristiche queste che dominano poscia in tutte le stagioni tropicali a S. del Gabun.

Sulle coste orientali dell'Africa, in generale, predominano le pioggie primaverili e autunnali, le seccure invernali (come a Mombas) o le estive (come a Zanzibar); ma con certe irregolarità. Così a Sansibar (6°10′ S.) il mese più piovoso è l'aprile (600mm), poi il dicembre (300mm) e il novembre (225mm); a Mombas (4° S.) il maggio (312mm) e il novembre (143mm). A Madagascar e nella regione finitima la stagione delle pioggie va dall'ottobre o dal novembre al marzo; i mesi del secco sono i successivi e specialmente luglio e settembre.

In alcune parti dell'Africa centrale, e specialmente nella regione dei laghi equatoriali, la stagione piovosa si protrae per 9 o 10 mesi ed anche per l'intero anno.

Nell'Africa australe avviene una vicenda diversa fra le coste orientali ed occidentali: quelle e l'interno sono soggetti alle pioggie d'estate; invece una stretta zona costiera a ponente è soggetta alle pioggie invernali.

Nella zona del Pacifico non si notano sempre spiccate le differenze frale stagioni asciutte e piovose. Così nella N. Caledonia piove tutto l'anno, e tutto l'anno piove nelle Viti o Figi (dove a Caravalu cascano 6281mm d'acqua, secondo una media di 2 anni d'osservazione), ma con una tendenza a mostrare più asciutto l'estate, ch'è decisamente tale a Tahiti.

4. *Zone subtropicali povere di pioggie*

Digitized by Google

estive. Comprendono le regioni nelle quali, durante il periodo estivo, dominano i venti polari, generalmente poco propizi alle precipitazioni, si nell'uno che nell'altro emisfero, e quindi si stendono pressochè dovunque sugli Oceani fra 25 e 40° tanto di latitudine boreale quanto australe. Però entrambe le zone son pure soggette a notevoli soluzioni di continuità. Così la settentrionale comprende l'Atlantico ad E. del 70°O di Greenwich, e il Mediterraneo meridionale, fino al mar Caspio, poi un breve tratto a nord dell'Imalaja; quindi sparisce fin ben al largo del Giappone, dove, ricominciando al 145° E. di Greenw., arriva alle costiere della California. E la zona meridionale resta interrotta dall'America meridionale, e dall'Australia e spostata dall'Africa, dei quali tre continenti attinge le costiere occidentali. La parte meridionale del nostro paese e specialmente la Sicilia entra appunto in questa zona, povera di pioggie estive, come già dicemmo, e come avremo occasione di esporre più largamente in avvenire. Nella California, che ne forma pure parte, nell'inverno si contano 58 giorni piovosi, nell'estate 2 soltanto.

5. *Zona dei monsoni asiatici*. Come il regime regolare dei venti resta alterato dall'azione dei monsoni, così ne resta modificato l'andamento regolare delle zone piovose. Difatti, lungo quel vasto triangolo che avrebbe per vertici la penisola dei Somali, le Caroline e il mare d'Ocotsc, e che comprende le due Indie, la Cina, la Manciuria e il Giappone, nonchè le Molucche e le parti settentrionali delle isole della Sonda, le pioggie seguono decisamente altre norme da quelle che reggono le altre regioni terrestri poste alle stesse latitudini. Nello stesso triangolo ora designato, giova distinguere fra la parte *indiana* o rivolta a mezzogiorno e la *pacifica* od *orientale*. Quella è la regione del globo più ricca di pioggie (1) che vi cadono specialmente d'estate, cioè fra aprile ed ottobre, nei mesi durante i quali predomina il monsone di sudovest. Però tale condizione si verifica in generale e più che altrove sulle coste occidentali del Decan (Malabar) e dell'Indocina. Il Coromandel e le regioni rivolte a levante son soggetti alle pioggie dell'ultimo autunno o dell'inverno, portatevi dai monsoni o dagli alisei del NE. A Mangalore, per esempio, e a Calcutta in estate piove rispettivamente 2560^{mm} e 980^{mm} d'acqua, contro 21^{mm} e 48^{mm} che vi piovono d'inverno: invece a Batticaloa (costiera orientale di Ceilan), fra novembre, dicembre e gennaio, 924 contro 87^{mm} che piovono da maggio a giugno; e a Madras 731^{mm}, che cascano fra ottobre, novembre e dicembre, contro 42^{mm} di pioggia che cascano fra gennaio e marzo. Tale regime si prolunga fino alle Filippine e alle coste cinesi meridionali, dove però a Macao ed altrove si notano due stagioni di piovosità prevalente al principio e alla fine dei monsoni. Anche sulle coste della Cina predominano le pioggie estive portatevi dal monsone di SE. Invece sulle coste occidentali del Giappone notansi due stagioni: una dell'estate precoce, e un'autunnale di massima piovosità interrotte dal *dojo*, un *veranillo* giapponese; mentre sulle orientali prevalgono le pioggie d'inverno.

6. *Zona dei monsoni australiani*. Forma riscontro verso mezzogiorno alla zona precedente, stendendosi, più ristretta di quella, dalle Comore oltre la Nuova Caledonia e quindi comprendendovi gran parte dell'arcipelago della Sonda, la Nuova Guinea e le costiere settentrionali e grecali dell'Australia. Presso l'equatore la pioggia casca abbondante tutto l'anno (Padang 4734.^{mm}; Buitenzorg 4456^{mm}) però in minor quantità durante l'estate; più a mezzogiorno vi predominano le pioggie invernali, portatevi dal monsone di NO. A Port Darwin (12° 5'), sulla costa settentrionale dell'Australia, in dicembre, gennaio, febbraio e marzo cadono rispettivamente 290, 379, 293 e 325^{mm} d'acqua; nei tre mesi d'estate nemmeno una goccia in un intiero decennio. Nella Nuova Guinea vi portano pioggia tanto i venti di SO. che di NO. Dovunque il vento asciutto è il SE, dettovi generalmente monsone di est.

7. *Zone delle pioggie in ogni stagione*. Si stendono prevalentemente nelle due zone temperate, oltre i 40° di latitudine, e fino a limiti sconosciuti nell'emisfero australe, mentre nel boreale, generalmente, raggiungono il circolo polare dovunque, salvo che nell'alto bacino del Jenissei in Asia e del Mackenzie in America, nelle quali due regioni s'arrestano a 50° di latit. N. Del pari la zona boreale nella parte orientale dell'America del nord comincia già circa ai 27 e 28°, e invece nella regione interposta fra il Volga e il lago Baical, soltanto al 50° di latitudine. La zona au-

(1) Ecco alcune stazioni colla loro piovosità media annua.

Colombo (Ceilan)	10	anni	2244^{mm}
Mangalore (12°52' N.)	21	»	3425
Mahalabushlevar (17°57')	24	»	6460
Silhet (24°53' N.)	25	»	3925
Sandoway (18°25')	18	»	5393
Tavoy (14°7')	23	»	4951

Digitized by Google

strale, d'altra parte, nell'America meridionale si protende fino al 30° e nell' Australia fino al 23° di latitudine. Questa zona non presenta caratteristiche uniformi, tanto che si potrebbe forse a sua volta distinguerla in tre zone diverse. Così grande parte dell'Atlantico, coll'Islanda, colle coste occidentali della Norvegia, della Gran Brettagna, della Spagna settentrionale, e la parte occidentale dell'America inglese appartengono a una *zona di predominio delle pioggie d'autunno e d'inverno*: e ad una zona cogli stessi caratteri la Tasmania, la Nuova Zelanda e le coste occidentali della Patagonia. Zone entrambe soggette alla influenza dell'oceano, e tali da subire gli effetti della diversa capacità calorifera che esiste fra terra e mare, causa prima di siffatto regime udometrico. Una seconda sotto-zona molto diffusa nell'interno dei continenti è ancor quella *di predominio delle pioggie estive* comuni nella Germania centrale nel bacino del Danubio, nella Russia, nella Siberia orientale, nelle parti occidentali o centrali degli Stati Uniti e nella parte centrale dell'America inglese, parte nell' Argentina e della Patagonia e finalmente alcune parti interne dell'Africa e dell'Australia. Una terza suddivisione di questa zona comprende le regioni nelle quali *la pioggia è uniformemente distribuita in tutte le stagioni*, cioè gran parte della Francia, l'Olanda, la Danimarca e la Svezia meridionale, la Germania occidentale e settentrionale, l'Ungheria occidentale, la Bulgaria e la Crimea, buona parte degli Stati Uniti, del Canadà e i paesi della baia d'Hudson. Nell'emisfero australe questa sottozona comprende l'isola meridionale della Nuova Zelanda e qua e là buona parte della costiera orientale dell' America, dalla Terra del Fuoco a Buenos Aires.

8. *Zona artica asciutta a pioggie solamente estive.* Questa zona occupa tutta la calotta artica a N. del circolo polare, più due vaste regioni triangolari, una nell' America inglese, a cominciare dal lago degli Schiavi e l'altra nell'Asia orientale a cominciare dal Baical. Essa è contraddistinta da asciuttezza di clima, e perfino da scarsezza di neve invernale, che non scende quasi mai a fiocchi, ma bensì ad aghi finissimi. La pioggia, e nemmeno essa molto abbondante, vi cade quasi soltanto d' estate. Di una corrispondente zona antartica nulla sappiamo, anzi tutto fa credere che oltre il circolo polare australe vi domini una forte precipitazione e specialmente di neve.

9. *Zone o meglio regioni desertiche o subdesertiche prive di pioggie.* Sono costituite nella maggior parte da deserti, da steppe o da regioni prossime ad essi ed è raro che la pioggia arrivi a 200 o 250^{mm} all' anno. La più vasta di tali regioni comprende quasi tutto il Sahara, l'Egitto, il deserto arabico e siriaco, il deserto iranico, le steppe e i deserti chirghisi e turcomanni, il deserto di Gobi o Sciamo, fin circa il 50° di latitudine settentrionale.

A questa zona appartengono Biscra in Algeria con 221^{mm}, Alessandria con 215, il Cairo e Suez con circa 30, il Belucistan con 130, Nucuss sull' Amu Darja con 71, Urga con 240^{mm} di pioggia. Però nell' altipiano del Sahara algerino la media piovosità annua si computa a circa 310^{mm}, e la stessa media annua si riscontrò a Tashchent nel bel mezzo della regione turanica.

Una seconda zona desertica in buona parte è quella costituita specialmente dal bacino chiuso del Gran lago Salato, dai llanos che stanno alle falde orientali delle montagne Rocciose, come il llano Estacado, da quelli che stanno compresi fra esse e il mare, come il plateau del Colorado e in genere da buona parte della regione Californiana. Per averne un'idea, a San Diego in California, al Fort Garland nel Colorado, al campo Independance (California), al Camp Mohave nell'Arizona, al Fort Fillmore nel N. Messico, al Fort Yuma nella California cadono rispettivamente ogni anno 233, 155, 168, 118, 214 e 99^{mm}. di pioggia (1).

Nell'emisfero meridionale le zone poverissime di pioggia son tre: una nell'America meridionale, limitata alla costiera occidentale marittima e ad una stretta lingua interna nel Perù e nel Chilì fra 5° e 35° di latitudine australe. La piovosità di tale regione *ultra andina* si può dedurre sapendo che a Copiapo e a la Serena in Chilì si calcolano 8 e 38^{mm} di pioggia annua. Un'altra appartiene all'Africa australe, ed è specialmente formata dal deserto di Calahari e dalla regione contermine verso l'Atlantico. Nel piccolo Namaqua si calcola che la media pioggia annua non superi i 220^{mm}, a Krafontein nell'interno, a 1000^{m}, sul mare i 130^{mm}. L'ultima regione arida corrisponde alle parti interne del continente australe, intorno alla secchezza delle quali tuttavia oggi si ha una idea meno esa-

(1) KLÖDEN, *Zur Orogr. u. Klim. der Verein. Staaten*, in *Zeitschr für wissensch. Erdk.*, 1882, pag. 90.

Digitized by Google

gerata ed assoluta di un tempo. Ormai del clima dell'Australia inferiore alcunchè si conosce, almeno del tratto posto lungo la linea telegrafica e nelle zone più prossime ai litorali. Ora, lungo la linea telegrafica, la minore piovosità casca nel cuore del continente, cioè presso il 27° parallelo e si computa di circa 130^{mm} all'anno.

In generale, la scarsissima piovosità di queste zone si può far provenire dalle correnti ascendenti di aria che si formano sul suolo arido e privo di vegetazione e che si sollevano respingendo o sciogliendo i vapori e le nubi apportatrici di pioggia. Ma d'altra parte la stessa aridità del suolo è effetto della scarsa piovosità, per cui si finisce coll'aggirarsi in un circolo vizioso di cause e di effetti incrociantisi a vicenda. Certo è poi che a determinare la scarsa piovosità di tali zone concorrono principalmente la direzione, la natura dei venti predominanti e la postura delle principali catene di montagne rispetto ad essi. Così i deserti del Turchestan o sono soggetti ai venti nordici poco propizî alla precipitazione, o ai monsoni meridionali che hanno già largamente scaricata la loro umidità sulle montagne dell'India; così il Calahari e le due zone aride dell'America sono collocate al di là delle catene che ricevono prima gli alisei e che gli spogliano del loro tributo di pioggie. Non v'ha finalmente dubbio che l'attuale aridità e la mancanza di vegetazione delle zone desertiche non cooperino a scemare ancora maggiormente la già scarsa piovosità (1).

10. Diremo poche parole ancora intorno alla neve. Allorchè, sia per l'altitudine, sia per altre cause, la condensazione del vapore acqueo ha luogo ad una temperatura più bassa dello zero, allora la precipitazione dà origine ad una serie di cristalli nei quali predomina a figura esagonale (Fig. 488), *sexangulae stellae*, giusta l'espressione del Keplero (2) e le cui varietà sono assai numerose. Lo Scoresby nei mari polari ne avea disegnate non meno di 96 forme; adesso se ne conoscono da 134 e probabilmente tutte non sono comprese in quelle osservate dai dotti. Nella neve caduta a Parigi durante un sol inverno, quello del 1875-76, si riconobbero almeno 15 o 16 figure diverse e talune anche quadrangolari, e triangolari, invece che esagone (1).

In generale la neve preferisce i continenti agli oceani, fors'anche perchè la temperatura della superficie marina nelle regioni e nelle stagioni fredde è sempre più elevata di quella delle regioni continentali poste ad eguale latitudine, e salvo le regioni polari è raro che discenda sotto lo zero. Per cui, se anche negli strati superiori aerei la condensazione ha luogo in forma di neve, questa, scendendo, si scioglie e si presenta sotto forma di pioggia. Oltredichè, sul mare il riscaldamento diurno è troppo lento per poter produrre forti correnti ascendenti, e quindi un raffreddamento sufficiente alla formazione della neve. Questa potrebbe però esservi portata dalle correnti aeree continentali.

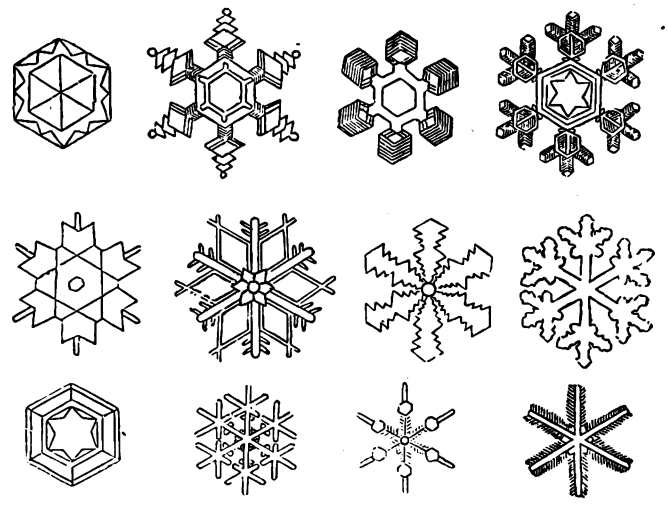


Fig. 488. — Forme principali dei cristalli di neve.

È noto poi come le alte nubi che assumono forma di cirri siano costituite appunto da piccoli cristalli di neve, brillanti e trasparenti in modo tale che la limpidezza del cielo o non è turbata o lo è in grado molto leggero. Gli aeronauti attraversano sovente tali nubi nevose, intorno alle quali va raccogliendosi una messe sempre maggiore di osservazioni, da quando Barral e Bixio, il 27 luglio del 1850, ne segnalarono, crediamo, per la prima volta una a circa 6000^{m} di altitudine. Naturalmente tali nubi si formano a varie altezze a seconda della latitudine e della stagione. Anzi i rag-

(1) Vedi il nostro **Prospetto XXXVIII.**

(2) KEPLER, *Strena seu de nive sexangula*, Francofurti, 1611, cit. dal GÜNTHER, 2.°, pag. 79.

(1) TISSANDIER, *L'Oc. aérien*, pag. 129 e seg.

Digitized by Google

guagli meteorici, che si hanno intorno ai climi polari, mostrano che nelle regioni più fredde del globo, al livello del suolo stesso avviene un procedimento analogo a quello descritto dagli areonauti per gli alti spazî atmosferici. È singolare come talvolta siffatte nubi rimangano a lungo sospese nell'atmosfera a guisa quasi di banchi di cristallo; nè la cosa pare esplicabile senza supporre una estrema finezza nelle molecole cristalline, per cui basti un leggiero moto dell'aria ad impedirne la caduta. Qualora poi questa abbia luogo, allora, nel moto discendente, i cristalletti si avvicinano, si fondono assieme, si agglomerano e danno origine ai fiocchi di neve, tanto più larghi quanto più alta è la temperatura dell'aria, tanto più fini e polverulenti quanto più l'aria è fredda.

La neve è la forma comune di precipitazione nelle zone glaciali; manca, salvo che a grandi altitudini, nella zona torrida; s'alterna colla pioggia a seconda delle stagioni nelle temperate. Un tempo si credeva che a bassissime temperature la sua formazione fosse impossibile: però se ne osservò a Mosca a — 22° e a Jacutsc anche a — 37° di temperatura.

La zona entro la quale, nella stagione invernale, può cadere la neve a livello del mare presenta dei limiti molto accidentati ed incerti. Così è noto quanto di raro nevichi a Napoli, a Lisbona, a Palermo. Però nel Mediterraneo il limite più meridionale delle cadute di nevi invernali si nota intorno alla latitudine di Malta (36°), mentre nell'Asia orientale arriva al tropico del Cancro, come lo dimostra la neve caduta a Canton, a 23°12′ di latitudine settentrionale; e nell' America si arresta a circa 26°, cioè alla latitudine del golfo del Messico (1). A Washington, posta suppergiù alla latitudine di Palermo, è frequente la neve perfino in aprile o in maggio. Nella Terra Nuova e nella N^a Scozia, che si trovano pressapoco alla latitudine della valle del Po e di poco si s'elevano sul livello marino, cadono circa 277 centim. di neve ogn'inverno. In Italia, a Roma, tra il 1811 ed il 1879 si ebbero 46 anni con alquanta neve, magari qualche fiocco soltanto, e di questi 13 anni ebbero un giorno con neve; 16, due giorni; 8, tre giorni; 5, quattro; 3, cinque, ed 1 (il 1853) sette giorni con neve; in complesso 111 giorni con neve, cioè, in media, 1.61 giorno all'anno (2). Ad Udine, durante il quarantennio 1803-1842 (1), nevicò ogni anno, salvo due, il 1833 e il 1834, nei quali cadde qualche fiocco senza che la neve potesse misurarsi, e la media annua fu di 197^mm. Però nel 1838 essa ammontò a 707^mm. I giorni con neve nel quarantennio furono 406; in media più di 10 all'anno.

Nell'emisfero meridionale il limite equatoriale della neve sembra caschi intorno alla latitudine di 33 o 34°; a Sydney in Australia (33°9 di lat. S.) nevicò una volta; a Buenos Aires (34°58) non mai; al capo di Buona Speranza è una cosa rara che lo stesso monte della Tavola si copra di neve.

Nelle nostre latitudini la neve cade di consueto nei mesi invernali, dicembre, gennaio e febbraio; ma non è rara in novembre e in marzo. A Roma il mese della maggiore frequenza è il gennaio, che sui 111 giorni nevosi del periodo poc'anzi accennato, ne contò 32, poi il febbraio con 30; il novembre e l'aprile contano entrambi nello stesso periodo 3 nevicate ciascuno. Ad Udine, durante il citato quarantennio, dei 406 giorni nevosi ne caddero 129 in gennaio, 76 in dicembre, 74 in febbraio, 63 in marzo, 31 in aprile, 30 in novembre, 2 in maggio, ed 1 in ottobre; ma la neve del dicembre misurò $^1/_5$ meno di quella del febbraio.

A Modena (2) di consueto nevica da dicembre a marzo; ma qualche rara volta la neve cade anche in ottobre (1869, 1878 e 1879) e in maggio (1861), e durante il cinquantennio 1830-1879 non mancò nessun anno, quantunque alcuni anni (per esempio nel 1863 e nel 1866) sia caduta in quantità così piccola da non lasciare traccie sensibili. La quantità annua è altresì molto variabile, ed è facile capirlo, sapendo come in una sola nevicata (per esempio in quella del 31 gennaio 1841, durata 36 ore, senza interruzione) l'altezza della neve fosse di 79 centim., e come la somma delle altezze della neve, misurata nei 13 giorni che corrono dal 18 febbraio al 2 marzo 1875, ammontasse a 106 centim. mentre in tutto un anno tale altezza può ridursi al nulla. Deducendo che l'altezza della neve asciutta sia da 9 a 10 volte maggiore di quella dell'acqua che ne risulta liquefacendola, a Modena si avrebbe in media annua da 35 a 43 centim. di neve, che cadono di solito, in media, in 11 giorni.

(1) Hann, *Klimat.*, pag. 193, 506.
(2) Tacchini, *Sul clima di Roma*, citato a pag. 106.

(1) V. Venerio. op. cit., pag. LXXV.
(2) Ragona, *Andam. annuale e diurno delle precipitazioni*, citato, pag. 252.

Digitized by Google

In generale la quantità di neve cresce rapidamente coll' altitudine e parimenti coll'altitudine aumenta il numero dei mesi nei quali essa cade. Così nella valle d'Aosta (1), durante il quinquennio 1871-1875, ad Ivrea (289m) si ebbe neve dall'ottobre al marzo; ad Aosta (587m) dal novembre al maggio; a Cogne (1543m) dall' ottobre al giugno; al Piccolo S. Bernardo (2160m) tutti i mesi, tranne il luglio; al Gran S. Bernardo (2478m) finalmente tutti i mesi, nessuno eccettuato. Anche la quantità di neve crebbe coll'altitudine, ma di essa non fu tenuto conto nelle due prime stazioni. Nelle tre ultime si nota un aumento, non però proporzionato alle altitudini, come si può dedurre dal prospettino seguente, che contiene le medie annue del quinquennio.

Stazioni	Altit.	Neve giorni	Neve quantità
Cogne	1543m	32	1583m
Picc. S. Bernardo	2160	46	11487
Gran S. Bernardo	2478	75	4893

E nel Friuli, mentre ad Udine in media annua non si arriva a 20 cent. di neve, a Tolmezzo (320m) da sei anni d' osservazioni si ebbe una media di 1.07m, a Pontebba (569m) da cinque anni quella di 1.46m, ad Ampezzo (554m) finalmente, da quattro anni, quella di 1.88m all'anno (2).

Va da sè che i precedenti valori devono esser accettati con un certo riserbo, perchè la neve è forse ancora più della pioggia un fenomeno soggetto a grande variabilità e subordinato a circostanze locali e accidentali. Così, se la neve cade di consueto quieta, essa si raccoglie tutta negli strumenti misuratori; se portatavi da vento, specialmente turbinoso, viene in parte dispersa. Del pari la neve che scende lenta e a larghe falde rimane soffice e forma grosso volume: la fine si assoda e diventa compatta.

Sulle montagne nevica anche a basse latitudini. Così a Madera (32° N.) fiocca all'altitudine anche di 800m e rimane a lungo a 1300m; a Teneriffa (28° N.) casca fino a 1300m, mentre alle Azorre nevica a 250 o 300m, e nel Marocco pure a non grande altezza sul mare. A Gerusalemme (760m) le forti nevicate non sono rare. Nell'Algeria, a Costantina (640m), si notarono delle forti nevicate anche in marzo, e a Gèryville (1357m; 34 N.) anche sui primi di giugno.

Sul pendio meridionale dell'Imàlaia, d' inverno, nevica ordinariamente fino a 1500m e in qualche caso anche a 900m. Nel Messico a 2000m la neve cade abbastanza frequente: così la si vide a Messico, posta a 19 N. e a 2270m d'altezza, e abbondante a Valladolid a 19°42′ e 1950m. A Quito stessa, sotto l'equatore, la neve casca fina all' altezza di 3600m circa sul livello marino. Nell' America meridionale, ad Ouro Preto (20°1/2) di latit. S., la neve fu veduta cadere a 1000m; nell'altopiano brasiliano di Paranà, Santa Catharina e Rio grande do Sul (25° circa) ad altezze da 800 a 400m. L'Humbold però, col numero limitato di notizie delle quali a' suoi tempi si poteva disporre, fissava il limite della caduta delle nevi come segue:

latit.	0°	altezza	3980m
»	20	»	3020
»	40	»	0;

cioè ad altitudini, come vedemmo, maggiori della realtà.

Questo succede durante l'inverno. Non si hanno sufficienti dati per sapere a quali altezze nevichi durante l'estate. Entro i limiti del circolo polare artico nel nostro emisfero ed eccettuata la Norvegia, e a latitudini maggiori del 50°S nell' emisfero meridionale, si può dire che la neve caschi tutto l' anno anche a livello del mare; sulle Alpi in qualunque mese estivo si può esser colti da una nevicata a 2000 metri o poco più. Se dobbiamo prestar fede ad antiche cronache, la stessa Bologna, nel 1199, sarebbe stata colpita da una nevicata in pieno agosto (1).

I geografi e i meteorologi, oltrechè dei limiti di caduta della neve, tengono conto anche della zona entro la quale essa copre la Terra di un manto permanente anche nei mesi estivi, anzi la linea colla quale è segnato il termine inferiore di tale zona è nota col nome di *limite delle nevi* o di *linea delle nevi perpetue*. Ma di essa s' è già trattato in altra parte dell' opera, alla quale rimandiamo il lettore.

11. E poche parole aggiungiamo pure intorno alla *grandine*. Avviene talvolta che l'acqua del cielo cada in forma di grani o chicchi di ghiaccio la cui struttura consiste in un

(1) Denza, *Studî sulla climat. della Valle d' Aosta*, Torino, Artigianelli, 1877, pag. 62.

(2) *Cronaca della Soc. Alp. friul. Anno I*, 1881, Udine, Doretti, 1882, pag. 141.

(1) Hann, pag. 429; — Fischer, mem. cit., pag. 17 e 192.

Nagona, *Andam.* cit. che toglie dal Valdrighi.

Digitized by Google

nucleo interno involto da una serie di strati concentrici, talvolta radiati. La forma esterna del granellino di consueto è sferica, o sferoide, od ovoide, od a goccia, ma talvolta è irregolare e a sporgenze varie, a chiodo o a funghetti e perfino a dischi e a lastre sottili. La sua grandezza varia, onde le denominazioni di grandine *minuta*, *piuttosto grossa*, *grossa come piselli*, *come nocciuole*, *come noci*, *come uova di piccione*, o di *gallina*.

Le effemeridi astronomiche registrano gragnuole di straordinaria grossezza. Così a Carteret sulle coste della Manica si raccolsero dei grani lunghi 38^{mm}. su 21 di larghezza e pesanti da 60 a 120 grammi. E il Volta nel 1807 ne vide cadere nei dintorni di Como dei pezzi pesanti non meno di 200 ed anche di 300 gr. Il P. Secchi, nel 1876, a Grotta Ferrata e a Marino ne osservò alcuni che aveano da 10 a 15^{mm}. di diametro e che pesavano pure 300 grammi.

Quella del 29 giugno 1866 a Modena, avea la forma di dischi del diametro di 5 e dello spessore di 2 centim. Un pezzo presentò il peso di 284 grammi. Altre grandinate celebri son quelle di S. Agostino presso Ferrara del 1828 e di Padova del 1834 (1).

La quantità totale della grandine caduta talvolta è assai considerevole. Quella di Grotta Ferrata, or ora menzionata, coperse il suolo di uno strato alto da 10 a 20 centimetri.

Talvolta nei chicchi della grandine si trovarono nuclei metallici e specialmente ferrici, il che fece pensare alla loro provenienza meteorica ed ultraplanetaria (2). Così si ebbero grandinate di sale e di altre sostanze non comuni nell'atmosfera nostra (3). La grandine nei nostri climi cade di consueto accompagnata da temporali e quindi è comune nei mesi primaverili ed estivi, è rara negli autunnali, non casca quasi mai negl' invernali. A Modena, nel mezzo secolo, e ad Udine nel quarantennio citati, son accadute rispettivamente 111 e 248 grandinate, che furono così divise per mesi.

Mesi	Modena	Udine	Mesi	Modena	Udine
Dicembre.	0	4	Giugno	6	51
Gennaio	0	1	Luglio	9	35
Febbraio	3	6	Agosto	17	22
Marzo	5	9	Settembre	4	21
Aprile	27	35	Ottobre	3	10
Maggio	25	46	Novembre	2	8

(1) D. L. Cozari, *Annali delle Scienze del R. Lomb. Veneto*, nov. dec. 1834.

(2) Idem.

(3) Agostini, *Sulla gragnuola di sal marino a Mantova* (25 luglio, 1878) in *Ann. della Meteor. ital.*, 1879, P. I, pag. 3.

Sulle coste della Norvegia invece la grandine è distribuita egualmente d' inverno e d'estate, e lo stesso dicasi di altre regioni poste ad elevate latitudini.

In generale la grandine presenta una predilezione per le prime ore pomeridiane. A Vigevano di 68 grandinate avvertite in 38 anni, 63 avvennero dopo mezzodì, 3 prima di mezzodì e 2 di notte.

Un tempo si credeva che la grandine fosse un fenomeno limitato alla zona temperata, almeno a livello del mare, perchè si giudicava che il calore dell' aria sovrastante al suolo dovesse liquefarne i grani cadenti. Ma in realtà esso si verificò in varie parti dell'America centrale, nel Brasile, nel Sudan, a Giava e nell' Australia (1). È rarissimo poi nei deserti e nelle regioni polari.

In Europa la frequenza della grandine generalmente diminuisce da ovest ad est. Ma essa va soggetta a tali influenze ed anomalie locali ch' è impossibile fissare una legge generale per la sua distribuzione. A breve distanza un dall'altro, si danno paesi frequentatissimi, e paesi mai visitati dal fenomeno non desiderato; talvolta essa segue una striscia di suolo sottile e lunga centinaia di chilometri; talvolta ancora uno stesso paese è battuto dalla graguola con grande frequenza per due o tre anni di seguito, poi lasciato in pace per dei lustri. In generale pare che nella montagna grandini più spesso che non nel piano, e nelle medie altitudini più che nelle elevate assai. Però agli alpinisti non è raro di esser colpiti dalla gragnuola a 2500 e 3000^{m}; e son pure frequenti i casi di gregge decimate da essa sui pascoli alpini più alti. Nel Caucaso e nelle Alpi i siti più frequentati sarebbero le vallate e i loro sbocchi verso il piano e gli altipiani, piuttosto che le cime.

Il processo di formazione della grandine è ancora sconosciuto. In qualche caso essa potrebbe provenire anche soltanto da una semplice corrente ascendente che trasporti ad un tratto l'aria carica di vapori a forti altitudini. Ma la forma dei chicchi, e la coincidenza delle grandinate coi temporali a base elettrica, tradiscono l'intervento di questo fluido nella formazione della gragnuola. Il moto turbinoso che ne è la conseguenza spiega la costituzione dei grani a strati concentrici intorno ad un primo ed esile nucleo gelato, che, sbalestrato negli spazi vaporosi, va aggregandosi nuovo materiale prima di scendere e pur cadendo

(1) Supan, *Phys. Erdk.*, pag. 108.

Digitized by Google

verso il suolo. Le nubi che producono la grandine si distinguono pel colore bianco o cinereo ad orli gialli o rossastri, per numerosi frastagliamenti, per un certo rotolamento orizzontale o verticale a cui sembrano in balìa, e finalmente per un crepitìo particolare, che forse proviene dal cozzare reciproco dei ghiacciuoli sospesi o turbinati nell'atmosfera.

Mentre è ben rara una grandinata scompagnata da temporale, i *temporali* sempre non sono accompagnati da grandine. A Vigevano, per esempio, di 750 temporali avvenuti in 38 anni, solo 63 produssero della grandine in piccola o in grande quantità. Ad Udine in 40 anni si ebbero 1963 giorni con tuoni e soltanto 248 con grandine. Però anche l'andamento mensile e diurno dei due fenomeni è generalmente assai uniforme

Le regioni preferite dai temporali sono quelle poste fra i tropici (1). In Abissinia si calcola annualmente una media annua di 424 temporali divisi su 216 giorni: in ogni caso circa 6 temporali ogni cinque giorni dell'anno; ovvero due temporali al giorno per ogni giornata temporalesca. Negli altopiani del Messico, di Bogota e di Quito i temporali sono frequentissimi, sicchè ne succede, si può dire, ogni terzo giorno. A Buitenzorg e a Banjuwanja, nelll'isola di Giava, si contano rispettivamente 160 e 110 (o, secondo altre fonti, 96) temporali all'anno; a Sant'Anna, presso Manila, 70; a Calcutta 60; a Roma 40; ad Udine 49; in Lombardia circa 20; mentre il Sahara e le regioni contermini da un lato, e la Scandinavia dall'altro, appariscono fra le regioni più povere di temporali. Così a Porto Said se ne segnalano 4, ad Upsala 5 e a Drontheim 3 in media all'anno. Un tempo si ritenevano le regioni polari affatto libere da temporali; ma l'asserto deve accettarsi con una certa riserva, s'è vero che il capitano Johannsen, il 23 settembre del 1873, abbia assistito ad un vero temporale a Bellsund nelle Spitzberghe occidentali. In generale i temporali della zona torrida si accompagnano alle stagioni piovose, o le aprono o le chiudono. Nelle regioni temperate diminuiscono coi crescere delle latitudini, e in Europa altresì procedendo da levante a ponente. Aumentano dalla pianura verso la montagna, dove in molte regioni, durante l'estate, sono comunissimi, specialmente nelle ore pomeridiane; aumentano pure coll'altitudine, però fino ad una certa elevazione, che nelle nostre regioni può valutarsi a 1300 o 1400^{m}, poi diminuiscono. Finalmente è difficile dire se la vicinanza del mare ne aumenti o ne scemi la frequenza. In generale sul mare succedeno più comunemente d'inverno, almeno nelle nostre e nelle alte latitudini; sui continenti, come vedemmo, d'estate, anche se questa non è la stagione delle pioggie. Così, per es., nell'altopiano della nuova Castiglia l'estate è stagione aridissima. Eppure è dessa la stagione dei temporali improvvisi, che rendono così pericolosi ai deboli di petto la dimora a Madrid, e così necessario in quella città l'uso della tradizionale *mantilla*, anche nei giorni più caldi dell'anno.

Nè diamo altri ragguagli intorno ai temporali, sì perchè in qualche modo intorno a tale fenomeno o a quelli che lo accompagnano è stato discorso a proposito degli uragani e dei cicloni, e ne verrà pure parlato nel capitolo che segue.

Questo solo diciamo che l'interesse presentato dai temporali e dalla grandine per le loro attinenze colla vegetazione e coi prodotti agricoli, che sovente danneggiano e talvolta distruggono, e colle assicurazioni contro i danni e i disastri da loro arrecati, nell'ultimo ventennio ha specialmente richiamata sovr'essi l'attenzione dei dotti e determinata in molti fra gli stati più civili del globo la costituzione di uno speciale servizio di osservazione e di studio dei temporali, per cui si può ripromettersi, in un volger di tempo non lungo, di conoscere la corologìa e la natura di così importante fenomeno ben meglio che oggi non sia (1).

(1) SUPAN, pag. 106; — GÜNTHER, *Geophysik*, 2.°, pag. 170; — FRITZ, *Tafel der mittleren jährlichen Gewitterhäufigkeit für* 219 *Orte in Petermann's Mittheil.*, 1870, pag. 427.

(1) Vedi in proposito gli *Annali della nostra Meteorol.*; GÜNTHER, pag. 170, ecc

Digitized by Google

CAPITOLO VI.

MAGNETISMO TERRESTRE (1).

DEL PROF.

GIAN JACOPO AGOSTINI

Et notum est omnibus expertis quod cum ferrum oblongum tetigerit Magnetem et ligno levi, vel festuce, fuerit affixum, et aque imponetur, una pars movebitur ad Stellam, quam nauticam vocant, eo quod prope polum est.

PETRI PEREGRINI MARICOURTENSIS, *Epist. de Magnete.* - 1269 Cap. VII - nel *Boll. del* PR. B. BONCOMPAGNI. Roma, 1868 pag. 77.

Forsitan e rosea sol alte lampade lucens
Possideat multum caecis fervoribus ignem
Circum se, nullo qui sit fulgore notatus,
Aestifer ut tantum radiorum exaugeat ictum.

T. LUCRETII. *De Natura Rerum,* lib. V. edit. Ch. Lachmann. Berolini, 1860.

1. La Terra, questa molecola del Mondo, questo globo estesissimo che gli uomini non sono ancora arrivati a percorrere interamente ed a visitare in ogni sua parte, non solo manifesta le intrinseche attività e le influenze cosmiche mediante fatti grandiosi ed imponenti, come gli uragani, le inondazioni, le maree, i terremoti, le eruzioni vulcaniche, ma ben anco per mezzo di fenomeni assai meno appariscenti e tuttavia altrettanto meravigliosi. Essi sono di tale natura che possono facilmente passare inosservati ed anche sfuggire alle indagini più assidue e circospette. Si immaginarono bensì particolari artifizi per sorprenderli e investigarne in qualche maniera le modalità e le cagioni, ma con tutto questo non si riuscì per molto tempo che ad ammirarne l'arcano. E chi infatti può guardare con indifferenza la orientazione costante dell'ago calamitato e quell'agitarsi e fremere di esso senza che apparisca davvicino la causa degli insoliti e inopinati movimenti? *Spiritus intus alit* si vorrebbe ripetere col poeta, se non si fosse ancora riusciti a riconoscere in questi fenomeni l'influsso dell'ordine più elevato delle forze mondiali, una manifestazione nuova dell'intimo legame che rannoda la Terra all'UNIVERSO.

2. Il fatto caratteristico della orientazione dell'ago calamitato, a quanto pare, era noto ai Cinesi venti secoli prima dell'èra volgare (1), ma in Europa lo si conobbe solamente nella seconda metà del secolo dodicesimo, come risulta con chiarezza dagli scritti compulsati di quei tempi. I quali scritti, attestando anzi che già i naviganti si servivano di tale strumento per apprendere a dirigersi in mare, lasciano sospettare che a qualcuno il fenomeno potesse essere stato noto anche prima d'allora (2). Comunque sia, in Europa si usò la bussola solo in quel tempo, e Flavio

(1) GUGLIELMI GILBERTI, *De Magnete, magneticisque corporibus et de magno Magnete Tellure Physiologia nova*, Londini, 1600. — K. F. GAUSS UND W. E. WEBER, *Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins*, 1836-1841. — I. LAMONT, *Handbuch des Erdmagnetismus*, Berlin, 1849. — GEORG. BIDELL AIRY, *Treatise of Magnetism*, London, 1870. — A. DE LA RIVE, *Traité d'électricité théorique et appliquée*, Paris, 1858. — F. ROSSETTI, *Sul Magnetismo*, Padova, 1871. — G. LIBRI, *Hist. de Math. en Italie*. Paris, 1838. — A. DE HUMBOLDT, *Cosmos*, versione it. di G. Vallini e di V. Lazzari, Venezia, 1860. — P. A. SECCHI, *Le Soleil*, Paris, 1877. — C. A. YOUNG. PH. D. LL. D. *Il Sole*, Milano, 1882. — *Bollett. di Bibl. e di St. delle Scienze Fisiche e Matematiche* del Pr. B. BONCOMPAGNI, Roma. — *Bollet. de la Soc. de Géogr.*, Paris. — *Annales de Chimie et Physique*, Paris. — *Arch. des Sc. phys.* (Bibl. univ.), Génève. — *Compte rendu de l'Acad. des Sc.*, — Paris. — *Annuario Scient. e Ind.*, Milano.

(1) KLAPROT, *Lettre à m. le baron A. de Humboldt sur l'invention de la boussole*, Boll. Boncompagni, pag. 67 e seg. e nota 6 a pag. 105.

(2) Alberto Magno, vissuto tra il 1193 e il 1280, parlando della orientazione della Magnete, soggiunge *et hoc utuntur nautae*; ma però sta il fatto che prima del 1100 nè Galeno, nè Alessandro di Afrodisia, *qui nullum naturae miraculum, tametsi leve, praetermiserunt*, nè Adelardo di Bath, nè altri fecero mai menzione del fenomeno curiosissimo. G. LIBRI, *Hist.* citate.

Digitized by Google

Gioia, di Amalfi, avrebbe, per quello che sembra, puramente contribuito a diffonderne l'uso, adottando il perfezionamento della sospensione della calamita sul perno. Questa disposizione del resto era conosciuta già prima d' allora da Pietro Peregrino di Maricourt, il quale, assieme a molte cognizioni intorno alla magnete registrate nelle sue Memorie, descrisse due modi di comporre le bussole, e cioè quello della sospensione sul perno e l' altro meno adatto per cui si metteva l'ago mediante una cannuccia (*calamus*, d'onde calamita) a galleggiare sull'acqua (1). È poi a notizia di tutti il vantaggio che da quell'istromento trassero fin da quel tempo nelle loro imprese marittime i Genovesi, gli Amalfitani, i Veneziani, ecc.

Dapprima però si riteneva come certo che la direzione dell'ago sospeso mirassse alla stella polare: infatti « *contre l'étoile va la pointe* » affermava Paolo Paris nel 1190 (2) e nello stesso senso esprimevasi Dante nel Paradiso, dicendo:

> Dal cuor dell'una delle luci nuove
> Si mosse voce, che l'ago alla Stella
> Parer mi fece in volgermi al suo dove.
>
> Canto XII v. 23.

Di più si ammise che ogni punto del cielo influisse sulle singole parti del magnete tendendo a dargli tale orientazione; per cui forse naturalmente la supposizione dell' esistenza di una sfera magnetica librata sui due poli del meridiano nella direzione dell' asse del mondo e così che nel piano del meridiano terrestre il magnete poteva mantenere le sue virtù, che, altrimenti collocato, avrebbe perdute (3).

3. L'ago magnetico del resto non mira precisamente alla stella polare; non si dirige perfettamente da nord a sud secondo il piano del meridiano geografico, ma devia da questa posizione più o meno a seconda dei luoghi; cosicchè, immaginando un piano passante per le due estremità dell' ago sospeso e per il centro della terra, questo piano andrebbe a formare con quello del meridiano terrestre un certo angolo che è chiamato *declinazione dell'ago magnetico*.

(1) Petri Peregrini Maricourtensis, *Epistola de Magnete*, pars secunda, cap. II.

(2) D'Avezac, *Anciens temoignages historiques relatifs à la Boussole*, pag. 4, col. I, lin. 25.

(3) Pietro Peregrino nella lettera succitata, dopo aver notato che « *a polis Mundi poli Magnetis virtutem recipiunt* » afferma nella parte prima, Cap. X, che nel Meridiano terrestre della Magnete *virtutes conservari et in reliquis sitibus cœli virtutem eius obeccari, seu obetari.*

Di ciò s'avvide Cristoforo Colombo nel suo primo viaggio verso il nuovo continente (1), e la meraviglia di lui per questo fatto, eruditissimo com' era di cosmografia, preparato al grande viaggio con quanto studio costituiva il sapere di quei tempi, circondato dalla ciurma più sperimentata nelle cose di mare, contribuisce a far ritenere che egli per primo abbia avvertito la declinazione (2).

Quantunque però la osservazione di Cristoforo Colombo dovesse chiamare l' attenzione dei naviganti sulla vera orientazione dell' ago nei vari luoghi da essi visitati, e quantunque l'inglese Gilbert, sul finire del secolo decimosesto, promovesse le ricerche magnetiche, dando ai suoi studi il carattere di interesse scientifico, e ad interpretazione dello strano fenomeno supponesse la Terra un immenso magnete, troviamo che solamente nel 1701 viene segnato da Halley il primo passo che mostra come da lui si avesse una giusta idea del magnetismo terrestre. Pubblicò egli infatti una carta rappresentante la declinazione relativa a vari paesi, in base alle proprie osservazioni compiute in un viaggio marittimo fatto a quest' intento sulle due rive dell'Atlantico, avendovi associate quelle degne di fiducia registrate fin allora da altri osservatori; e declinando l'ago magnetico in una località verso l'occidente del meridiano geografico rispettivo e in altra verso l'oriente, la declinazione magnetica venne distinta coi nomi di *declinazione magnetica occidentale* e *declinazione magnetica orientale*.

Da quel tempo, e specialmente da mezzo

(1) Nelle *Histoire del S. D. Fernando Colombo, nuovamente di lingua Spagnuola tradotte nell'italiana da S. Alfonso Ulloa di Venetia* si legge che Cristoforo Colombo, trovandosi il 13 sett. 1492 a 200 leghe all' occidente dell' Isola del Ferro, notò che la bussola « *al poniente para buscar el levante* » poichè « *da prima notte norvesteavano le calamità dei bossoli per meza quarta et l' alba norvesteava poco più di altra meza, da che conobbe che l'aguchia non andava a ferire la Stella, che chiamiam tramontana, ma un altro punto fixo et invisibile. La qual varietà allora mai non avea conosciuta alcuno; et però hebbe giusta causa di meravigliarsi di ciò* ».

(2) Non si può infatti assegnare un pari valore alla figura disegnata nell'Atlante del veneziano Andrea Bianco nel 1436, la quale, nonchè rappresentare il fatto della declinazione magnetica, avrebbe piuttosto indicata la pratica di ridurre i rombi e fare speditamente i computi nei viaggi di mare. Poichè, quando una nave sia indirizzata secondo un cammino intermedio ai punti cardinali e così da incontrare successivamente i meridiani sempre sotto un medesimo angolo, essa si dilunga nella direzione del rombo secondo il quale è partita, e descrive una linea particolare, che sarebbe una spirale avvolgentesi intorno al polo senza incontrarlo, linea chiamata poi *lossodromica*. Fatto questo che verificherebbesi per qualunque fosse la direzione dell'ago magnetico e che dipende invece dalla rotondità della Terra. — Vedi *Bollet.*, Pr. Boncompagni, Roma, 1868. T. I, pag 410 e seg.

Digitized by Google

secolo a noi, sia per la perfezione degli apparecchi misuratori che vennero successivamente ideati, sia per la molteplicità dei viaggi in remote contrade, sia per la cooperazione di commissioni scientifiche a tal uopo costituite, i progressi intorno a questo soggetto furono notevolissimi.

Li troviamo riassunti prima nel grandioso lavoro di Hansteen nel 1819 (1) e più completamente in quelli di Gauss (2) e Duperrey (3), i quali dedussero a mezzo del calcolo i valori della declinazione per quei luoghi per cui non poterono avere i dati sperimentali, appoggiandosi ai valori ottenuti mediante le osservazioni. Ne risultarono così le *linee isogoniche*, linee segnate sulle carte geografiche in modo che riescono per esse congiunti insieme tutti i punti della Terra, nei quali la declinazione ha il medesimo valore angolare. Fra le prime di tali linee altre vi sono interpolate mano mano che aumentarono le registrazioni degli osservatori, cosicchè oggidì nei paesi più civili il loro numero è notevolmente cresciuto (4). Gettando uno sguardo sopra queste carte, si rileva immediatamente che le varie linee isogoniche presentano un andamento piuttosto irregolare rispetto ai meridiani, scostandosi più o meno dalla direzione di essi, ma nello stesso tempo però accennando a concorrere e intersecarsi in due punti opposti della terra, alquanto discosti dai poli geografici e che si dicono *poli magnetici terrestri*. Uno di questi punti troverebbesi nell'emisfero settentrionale e precisamente nella regione denominata Boothia Felix al nord dell' America, l' altro starebbe al sud della terra di Van-Diemen. E qui giova notare che questi poli non devono riguardarsi come centri di azione magnetica, la quale piuttosto sarebbe diffusa nell'intiera massa della Terra, ma bensì come punti ai quali convergono le risultanti delle azioni magnetiche delle diverse parti del globo. Anzi dalla direzione che assume l'ago in certe località, come è stato osservato nella Siberia presso Ircustc (1), si sarebbe indotti a concludere per la esistenza di un maggior numero di poli, stantechè in queste regioni la declinazione, dapprima orientale, procedendo verso est diventa nulla, per tornare nuovamente orientale seguitando il cammino nella stessa direzione. Del resto anche nelle calamite artificiali non è raro che si abbiano dei poli secondarî chiamati *punti conseguenti*.

Fra tutte le linee isogoniche merita speciale attenzione quella che si direbbe linea senza declinazione o di declinazione zero, perocchè su di essa l'ago sta rivolto precisamente verso il polo geografico dell'emisfero in cui è posto. Attualmente, tale linea partendo dal polo magnetico nord passa per il polo geografico, attraversa l'oceano Glaciale Artico entrando nel mar Bianco, tocca la punta della penisola Canin e la costeggia, traversa i fiumi Mesen e Dvina, passa Crasnoborsco, Nisni-Novgorod, Saransc, Erivan, va presso l' Ararat e interseca il Tigri all'est di Bagdad. Siccome poi la si ritrova in Australia, si argomenta che debba dirigersi da occidente verso oriente, attraversando il mare Indiano. In Australia poi prende un andamento deciso verso il polo magnetico sud, dal quale passa al polo australe, donde, risalendo per l' Atlantico, taglia la parte orientale del Brasile, tocca le vicinanze di Filadelfia ed attraverso il Canadà raggiunge il punto di partenza (2). Pertanto in quasi tutte le regioni di Europa, nell'Africa, nelle parti più orientali dell' America ed in quelle più occidentali dell' Asia la declinazione è dovunque occidentale, mentre nelle altre sarebbe orientale. Se poi un ago calamitato sospeso e libero di muoversi solo in piano orizzontale fosse portato là dove risulterebbero i poli magnetici, esso non prenderebbe alcuna orientazione determinata, ma si troverebbe in equilibrio indifferente attorno al suo pernio verticale, non altrimenti che se fosse un ago non magnetizzato o di una sostanza qualunque non magnetica, come direttamente ebbe a verificare il capitano Ross per il polo magnetico boreale (3).

4. Se la causa per la quale l' ago calamitato tende ad assumere una certa orientazione, a seconda dei luoghi, non fosse essa pure un effetto delle condizioni mutabili della struttura della Terra e di particolari influenze cosmiche soggette a continui cambiamenti per quella

(1) HANSTEEN, *Untersuchung über den Magnetismus des Erde*, Christiania, 1819.

(2) GAUSS, *Resultate aus den Beobachtungen des Magnetischen Vereins*, 1837-1841.

(3) DUPERREY, *Ann. de Chimie et Phisique*, 2 serie, t. XXX e XLV.

(4) Diamilla Müller nel 1870 promosse delle Osservazioni Magnetiche mondiali, in seguito alle risultanze delle quali, oltre ad alcune importanti conclusioni d' interesse generale, trasse l' andamento di 10 linee isogoniche soltanto per l'Italia. Quella di esse passante per Padova comprende Bassano, corre all'ovest di Adria, all' est di Ravenna, tocca Cesena e Spoleto e l'ovest di Terracina, entra in Sicilia a Lofolio, passa all' est di Caltanisetta, attraversa Terranova e procede all'Est dell'Isola di Malta. — *Ann. Sc. Ind.* 1871, pag. 68.

(1) A. DE LA RIVE, *Traité d'électricité*. Vol. III, pag. 232.

(2) *Ann. Sc. Ind.*, 1871, pag. 68 e seg.

(3) A. DE LA RIVE, *Traité d'électricité*, voi. III, pag. 226, nota.

Digitized by Google

« forza operosa che le affatica di moto in moto », si avrebbe potuto un po' alla volta determinare accuratamente le declinazioni magnetiche coi migliori metodi di osservazione ed estendere le indagini anche a quelle località nelle quali si va penetrando e stabilendo con molta difficoltà.

Ma la declinazione varia costantemente per uno stesso punto della Terra, il qual fatto risulta molto luminosamente dalle registrazioni del valore della declinazione, che rimontano per qualche paese fino a tre secoli indietro (1). Così, per esempio, per Parigi si hanno i seguenti valori della declinazione con una variazione annuale valutata presentemente di 7.5 (2).

Anni	Declinazione	Anni	Declinazione	Anni	Declinazione
1580 . . .	11°30′ E	1805 . . .	22° 5′ O	1842 . . .	21°25′ O
1618 . . .	8 0 »	1814 . . .	22 34 »	1852 . . .	20 20 »
1662 . . .	0 0 »	1819 . . .	22 39 »	1861 . . .	19 26 »
1770 . . .	8 10 O	1822 . . .	22 11 »	1869 . . .	17 51 »
1780 . . .	19 55 »	1832 . . .	22 3 »	1879 . . .	16 56 »

Analogamente venne osservato in ogni dove si è tenuto conto della declinazione per un seguito abbastanza lungo di anni.

E risulta da ciò che la declinazione nei paesi europei è stata orientale anteriormente al 1660; che intorno a quest'epoca per ogni luogo di Europa vi fu un anno in cui l'ago calamitato dovette essere diretto precisamente al polo terrestre; che da allora fino al 1820 circa la declinazione, pur mantenendosi sempre occidentale, toccò valori crescenti fino al massimo di oltre 22°, e quindi andò sempre diminuendo, come seguita tuttavia al presente, tendendo verso la posizione di declinazione 0°. Cotali variazioni dell' angolo di declinazione si indicano col nome di *secolari*, perchè appunto si compiono lentissimamente nel corso di secoli intorno alla posizione mediana di nessuna declinazione, ed appariscono quasi oscillazioni pendolari al di qua e al di là del meridiano astronomico (1). A Roma presentemente la declinazione è di 11°22′ ovest, con una variazione annua in diminuzione di 0° 2′.

Evidentemente dunque le linee isogoniche segnate sulle carte geografiche non possono rappresentare se non le condizioni di declinazione per una data epoca; però non si va errati ritenendole sensibilmente le stesse, purchè ciò sia per un periodo non molto lungo di anni, inquantochè queste variazioni seguono con molta lentezza.

Dalle cose esposte si potrebbe argomentare che nel periodo attuale, diminuendo la declinazione per uno stesso luogo di anno in anno, codeste diminuzioni dovessero risultare da un progressivo e regolare allontanamento dell'ago dalla posizione di deviazione estrema, di giorno in giorno e proporzionatamente di ora in ora. Così invece non avviene, come rilevò G. D. Cassini a Parigi, nel 1786, dacchè si notano delle variazioni in corrispondenza colle stagioni e tali per cui dal gennaio al marzo la declinazione aumenta per diminuire poi nel periodo che corre dall'equinozio di primavera al solstizio estivo, dopo il qual tempo torna ad aumentare fino al nuovo equinozio di primavera, raggiungendo in ottobre sensibilmente lo stesso valore corrispondente al maggio. Fra ottobre e maggio poi l' accrescimento della declinazione è minore della diminuzione seguita nei quattro mesi antecedenti, e rimane per tal modo uno spostamento di anno in anno che costituisce appunto le variazioni secolari.

Ma, come osservavano poi Beaufoy ed Arago (3), codeste oscillazioni si vanno facendo meno sensibili dacchè l' ago si allontana molto dal limite massimo di declinazione e risultano soltanto se dalle medie oscillazioni di ciascun giorno deducansi le medie mensili e queste si confrontino fra loro: l' ampiezza di esse varia poi da luogo a luogo e col tempo.

5. Più interessanti e meglio determinate

(1) Per Padova il prof. Rossetti, calcolando sulle variazioni della declinazione in un periodo di 24 anni (1847-1871), diede la seguente formola per calcolare la declinazione per un tempo non soverchiamente lungo, dal 1871 in avanti: Decl. $= 12'48' - 6'5697.\, t - 0',01364.\, t^2$, nella quale t rappresenta il tempo a partire dal maggio 1871 espresso in anni e frazioni decimali di anno, il che darebbe ora 11°17′0″. — Vedi *Sul magnetismo* di F. Rossetti, Padova 1871, pag. 96.

(1) M. Mauro Fiorentino, *Arte navicatoria*, Venetia 1537, dove si legge « *il secondo dubio, o per dir meglio, segreto è questo, perchè la calamita non si volge più al vero polo del mondo; ma volge in verso levante di circa* 9° » e probabilmente tale declinazione si riferirebbe a Firenze, dove M. Mauro viveva, e sarebbe forse il dato più antico delle variazioni della declinazione in uno stesso luogo.

(2) *Annuaire pour l'an* 1885 *publié par le bureau des longitudes*, Paris.

(3) F. Arago, *Oeuvres complètes*, T. I, pag. 459.

Digitized by Google

delle variazioni annue sono le variazioni diurne dell'ago di declinazione. Osservate per la prima volta da Graham a Londra nel 1722, richiamarono l'attenzione degli scienziati, che intrapresero per questo delle ricerche attivissime; ricerche che acquistarono il maggiore interesse, specialmente quando Humboldt nel 1836 eccitò la Società Reale di Londra, e per essa il suo presidente duca di Sussex, a stabilire degli osservatori magnetici provveduti dei migliori apparati, e situati in luoghi molto discosti fra loro e opportunamente scelti tra i possedimenti disseminati dell'Inghilterra. Cosicchè Toronto nel Canadà, Hobart Town nella terra di Van Diemen, presso i poli magnetici terrestri, Greenvich, Dublino, Malkerstoon, S. Elena e Madras divennero tosto le più importanti stazioni magnetiche; queste due ultime nelle regioni in cui il sole nell'inverno si trova da una parte e nella state dall'altra del parallelo rispèttivo.

Il P. Secchi (1) dai risultati delle osservazioni in queste stazioni e da quelle di altri luoghi ricavò che l'oscillazione diurna dell'estremo dell'ago declinatorio che guarda il sole è la stessa nei due emisferi settentrionale e meridionale, cosicchè quello che avviene del polo boreale dell'ago nel nostro emisfero succede del polo australe nell'altro: nei luoghi vicini all'equatore l'oscillazione segue la legge dell'emisfero in cui trovasi il sole, e così alle epoche degli equinozi muta la direzione occidentale in orientale e viceversa: la variazione diurna ha un doppio periodo sovrapposto, diurno e semidiurno e la sua grandezza varia colle stagioni e coi luoghi; talchè col sorgere del sole il polo nord dell'ago nei nostri paesi va movendosi da est ad ovest con velocità dapprincipio crescente, che raggiunge il suo massimo circa all'ora in cui il sole si trova sul meridiano magnetico locale e poi decresce; intorno alle due ore pomeridiane quel polo tocca la massima deviazione verso occidente e quindi retrocede, raggiungendo il minimo notturno tra le 9 e le 10 ore dopo mezzodì. Una analoga oscillazione è stata avvertita nel periodo notturno, ma con ampiezze notevolmente minori; anzi per questo non era stata segnalata da molti osservatori, come non l'aveva avvertita nemmeno il Cassini.

Questo fatto si ripete quotidianamente, non però in modo che l'ago si ritrovi ad ogni sorgere del sole nella precisa posizione del mattino anteriore; che anzi di giorno in giorno residua quel tanto di variazione che è l'elemento delle variazioni annuali. Qui pure si incontra la stessa legge di natura che rende dissimili anche due foglie d'una stessa quercia: infatti per due periodi di tempo consecutivi, siano lunghi o brevissimi, non si hanno identiche declinazioni: « impossibile moralmente che lo siano mai » direbbe Ardigò (1).

6. Fin' ora abbiamo sempre supposto che l'ago calamitato fosse sospeso in modo da potersi muovere solo orizzontalmente; che se per contrario l'ago fosse girevole intorno ad un asse orizzontale passante per il suo centro di gravità e quindi avesse liberi i movimenti nel piano verticale comprendente il meridiano magnetico del luogo, si vedrebbe nel nostro emisfero il polo boreale di esso inclinarsi al di sotto dell'orizzonte corrispondente all'asse di un certo angolo, che dicesi angolo di *inclinazione magnetica*. Questa osservazione venne fatta nel 1576, per primo, da Roberto Norman.

L'angolo di inclinazione ha un valore che varia da luogo a luogo; al polo magnetico boreale l'ago d'inclinazione assume una posizione verticale col polo nord rivolto in basso (2) e contrariamente si dispone al polo magnetico australe. Partendo da queste località e seguendo uno dei meridiani magnetici, la inclinazione passa a valori minori di 90°, mano mano che diminuisce la latitudine, senza però accordarsi perfettamente con essa, e così fino al luogo dove l'ago prende la posizione orizzontale, ossia dove non è più inclinato. Determinati i punti di ogni meridiano magnetico nei quali l'inclinazione è zero e congiunti con una linea continua, in essa si ha l'*equatore magnetico*, che risulta una linea alquanto sinuosa, la quale circonda la Terra da oriente verso occidente. Essa interseca in due punti l'equatore terrestre, uno nell'Atlantico presso la costa occidentale d'Africa, l'altro a mezzodì delle isole Sandwich; corre più al sud attraverso l'America meridionale e si rialza sopra l'equatore geografico, passando sull'Africa, sull'oceano Indiano e su parte dell'oceano Pacifico. Congiungendosi poi con una linea i vari paesi della Terra, pei quali risultò uguale la inclinazione boreale od australe, si vennero a stabilire i *paralleli magnetici o linee isocliniche*, che nell'emisfero

(1) P. A. Secchi, *Arch. des Sc. phys.*, Tom. XXVII, pag. 192 et Tom. XXVIII, pag, 139.

(1) R. Ardigò, *Sulla formazione naturale nel fatto del sistema solare*, Mantova, 1870.

(2) A. De la Rive, *Traité d'électricité*, 1858, Tom. III, pag. 223.

Digitized by Google

orientale presentano in generale la concavità verso il polo magnetico australe, e nell'emisfero occidentale offrono la concavità verso il polo magneticò boreale. Per Roma al presente l'inclinazione magnetica è di 57°50′.

Il valore della inclinazione magnetica per uno stesso punto della Terra subisce delle variazioni secolari, in armonia con quelle della declinazione, ma che si rendono però sempre meno sensibili, tanto che apparisce debbano esse pure raggiungere un limite minimo per passare in seguito a valori maggiori. Hansteen a Cristiania avrebbe determinata questa epoca di minima inclinazione e gli risultò dover accadere nel 1819 (1). L' inclinazione magnetica offre anche delle variazioni diurne analogamente alla declinazione, ma la loro ampiezza è alquanto minore di quella delle diurne del declinatorio e non sono variazioni neppure molto facili a determinarsi.

7. Dalla direzione dell'ago calamitato si deduce che l' azione magnetica terrestre opera come una forza in ciascun punto della Terra diretta nel piano del meridiano magnetico e nel senso dell'ago d'inclinazione. L'*intensità* di questa forza si può desumere dai valori delle componenti di essa, verticale l'una, della quale il valore viene dato dall' ago d' inclinazicne, e l'altra orizzontale misurata dal numero delle oscillazioni fatte in un dato tempo da uno stesso ago di declinazione, deviato che sia dal meridiano magnetico per ricondursi in esso, alla stessa maniera che la durata delle oscillazioni di un pendolo può dare la misura della gravità. Siccome, per altro, fra gli elementi del calcolo per questa quantità entrano e la distanza delle polarità nell'ago calamitato, che non è molto facile a determinarsi rigorosamente, e la intensità della magnetizzazione di esso soggetta ad alterazioni, così le misure ricavate per questo metodo lasciano, quanto alla precisione, qualche sospetto. Con tutto ciò bastarono a rivelare che l'intensità del magnetismo terrestre varia essa pure col tempo e colla posizione dell'osservatore, e che aumenta dalle regioni equatoriali, passando verso i poli magnetici, dove l'intensità stessa avrebbe un valore più che due volte maggiore di quello che ha all'equatore.

Se si immaginano segnate delle linee a congiungere i punti della Terra, nei quali l'intensità magnetica avrebbe lo stesso valore nell' emisfero settentrionale e meridionale, queste linee vengono indicate colla denominazione di *linee isodinamiche* e presentano un andamento conforme a quello delle linee isocliniche, senza però coincidere perfettamente con esse. Quella delle linee isodinamiche che riesce di intensità minima non corrisponde affatto all'equatore magnetico, ma corre a mezzodì di esso attraverso l' America, l' oceano Atlantico e l'Africa, passando invece a settentrione per tutto il tragitto del golfo del Bengala fino a poco lungi dalla costa Peruviana.

Le linee isodinamiche esprimendo l'uguaglianza delle risultanti magnetiche in tutti i punti della superficie terrestre per cui passano, indipendentemente da ogni altra considerazione estranea al magnetismo, sono di una grandissima importanza; anzi esse dovrebbero preferibilmente essere usate a rappresentare i paralleli magnetici, tanto più che appariscono intersecare con più rigore ad angolo retto le linee isogoniche, com' ebbe ad osservare Duperrey (1).

L' andamento delle linee isogoniche, isocliniche ed isodinamiche è esposto con evidenza nella nostra Tavola (2).

8. I fatti suesposti portano naturalmente a fare delle congetture sulle cause che possono valere a produrli, e Gilbert, Halley, Hansteen, Biot, Gauss, Pouillet, Ampére, Barlow, Aimé, Faraday, Secchi ed altri ancora se ne occuparono con molta diligenza e profonda dottrina. Si riconobbe anzitutto che le cause stesse devono risiedere nella Terra, poichè i valori degli elementi magneticì sono correlativi alla latitudine ed alla elevazione sul suolo. E perciò la Terra venne dapprima considerata come un'immensa calamita, avente il polo negativo al settentrione, ed il polo positivo al mezzodì per mettere in accordo il fenomeno della orientazione dell' ago colla legge fisica per cui le polarità di nome opposto si attirano scambievolmente: questi poli poi si supposero non coincidenti coi poli geografici, ma bensì poco discosti da essi per dar ragione della declinazione. In tal caso, perchè sussista una adeguata corrispondenza tra i fatti magnetici e la Terra come agente magnetico che vale a produrli, converrebbe attribuire ad essa quella colossale energia che sarebbe rappresentata da 3954 trilioni di spranghe magnetiche della forza di un chilogrammo per ciascuna, formanti un fascio magnetico al centro della Terra, che, se si supponessero distribuite uniforme-

(1) A. De la Rive, *Traité d'électricité*. 1858, Tom. III, pag. 223.

(1) Duperrey, *Ann. de Ch. et de Phys.*, T. XLV, pag. 371.
(2) Vedi **Tavola XXVII dell'Atlante.**

Digitized by Google

mente per tutto il corpo terrestre, ve ne dovrebbe essere una per ogni cubo di 45 centimetri di lato (1).

Senonchè, essendosi raccolti dei fatti nuovi relativi alla declinazione, inclinazione ed intensità nelle varie località del globo, la ipotesi che riguarda la Terra come una grande calamita ebbe bisogno di essere modificata nel senso che i poli di essa giacessero piuttosto ad una distanza piccola fra loro e minima affatto dal centro terrestre. Anzi, poichè in ogni caso avrebbe dovuto aversi perfetta simmetria della declinazione alle estremità di una medesima retta passante per il punto in cui l'asse magnetico attraversa l'equatore, come invece non si avvera, e si trovano ancora dei punti all'infuori della linea senza declinazione, nei quali la declinazione è parimenti nulla, ed i punti di declinazione massima non sono nè uguali nè oppostamente collocati, si ammise l'esistenza di quattro poli, e meglio ancora tutto il globo venne considerato come magnetico con un grande numero di centri magnetici sparsi.

La scoperta poi della influenza direttrice delle correnti elettriche sugli aghi calamitati fece nascere in Ampère il sospetto che esistessero delle correnti di elettricità circolanti attorno il globo nella direzione da est ad ovest, e questa sua supposizione trovò un caldo propugnatore in Barlow, il quale, rivestendo di un solenoide una sfera di legno riuscì a realizzare in un ago calamitato posto sopra di essa i principali movimenti, che manifesta per l'influenza magnetica della Terra. Niente di più semplice poi che immaginare le risultanti delle azioni magnetiche dovute alle correnti telluriche come applicate a punti situati nell' interno del globo e prossimi al suo centro, e subordinare quindi alle variazioni di intensità e direzione di esse tutte le variazioni nelle condizioni magnetiche terrestri. Un concetto questo molto lusinghiero senza dubbio, ma per esso si otteneva soltanto di spostare le difficoltà. In quanto che, oltre alla opportunità di constatare effettivamente la esistenza di tali correnti, conveniva poi rintracciare la causa che avrebbe servito a produrle.

Sulla esistenza di correnti telluriche dirette secondo la linea meridiana ed altre sulla linea equatoriale, specialmente nel verso da est ad ovest, si hanno sopratutto le interessantissime ricerche di Matteucci, (2) e di Secchi (1), i quali non trascurarono alcuna delle precauzioni necessarie per assicurarsi che si trattasse veramente di correnti della Terra. Quanto poi alla origine di esse, nel mentre si venne a riscontrarvi l'azione solare, la quale trova il suo appoggio nella ingente quantità di calore che il sole manda quotidianamente alla Terra, sorsero varie opinioni intorno al primo effetto di questa potenza termica del grande astro. Ed infatti la superficie terrestre non è essa costituita da materiali eterogenei, di differente conducibilità elettrica, per cui si possa pensare allo sviluppo di correnti termoelettriche eccitate nei punti più riscaldati, i quali si spostano colla posizione del sole compiendo un intiero giro nel corso di un giorno? Ed i vapori che il calore solare solleva dalle acque del mare, carichi di elettricità positiva, non sono trasportati verso le regioni dei poli che rappresentano degli immensi condensatori e per mezzo delle quali può effettuarsi la ricostituzione dello stato elettrico neutro colla elettricità negativa del suolo? E le condizioni magnetiche dell'ossigeno dell'aria, le quali ad ogni cambiamento di temperatura riescono indebolite od esaltate non basterebbero, come pensò Faraday (2) in correlazione alle sue esperienze sul diamagnetismo dei corpi, a spiegare da sole le variazioni degli elementi magnetici? Senonchè coll' ammettere queste influenze dirette del sole, oltre all'imbarazzo che s'incontra in alcune difficoltà d'ordine minore e peculiare, non può spiegarsi come le epoche delle variazioni siano subordinate alla posizione assoluta del sole, ossia alla sua presenza nell' uno o nell' altro emisfero, mostrandosi l' escursione diurna dell' ago come la somma di due osservazioni separate, l'una dipendente dall'angolo orario, l' altra dalla declinazione del sole, le quali colle loro sovrapposizioni ed interferenze producono tutti i fenomeni della variazione diurna ed annuale. Solamente nuovi fatti e nuove considerazioni potranno aprire la via a conclusioni meno problematiche.

9. Le variazioni di cui si tenne parola più sopra si dicono *variazioni periodiche*, perocchè si manifestano con una certa regolarità, tanto che nel corso del periodo rispettivo si potrebbe pronosticare quale dovrà essere all'incirca la posizione dell'ago ad un tempo determinato; e ciò con tanto maggiore probabilità per le variazioni diurne, per le quali i dati di un corso d'anni anche breve

(1) A. Serpieri, *La forza considerata nelle sue principali trasformazioni*, Urbino, 1869, pag. 160.
(2) *Nuovo Cimento*, 1865

(1) *Bollett. Meteor. del Collegio Romano*, 1865.
(2) *Philosoph. Transact.*, for. 1851, § 2297 e 2967.

Digitized by Google

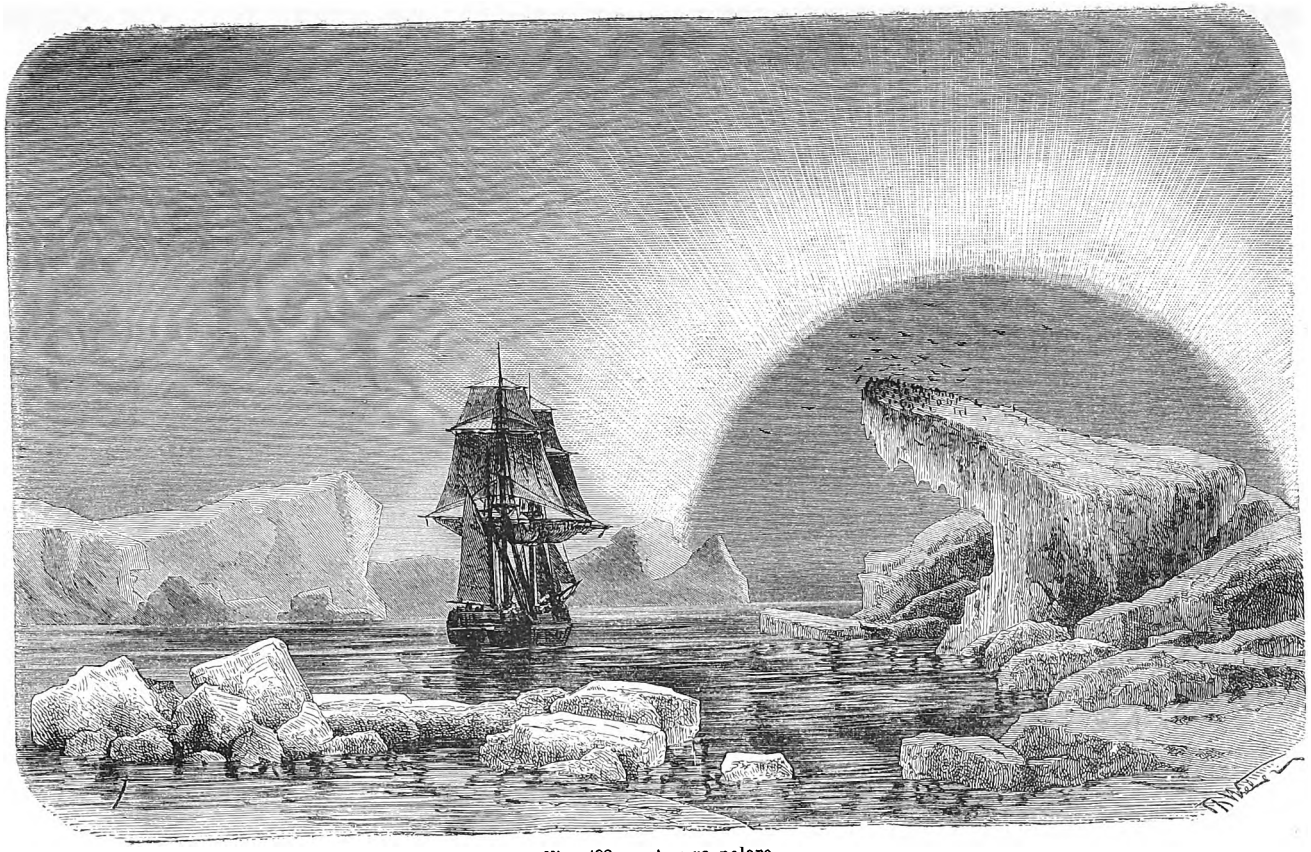


Fig. 489. — Aurora polare.

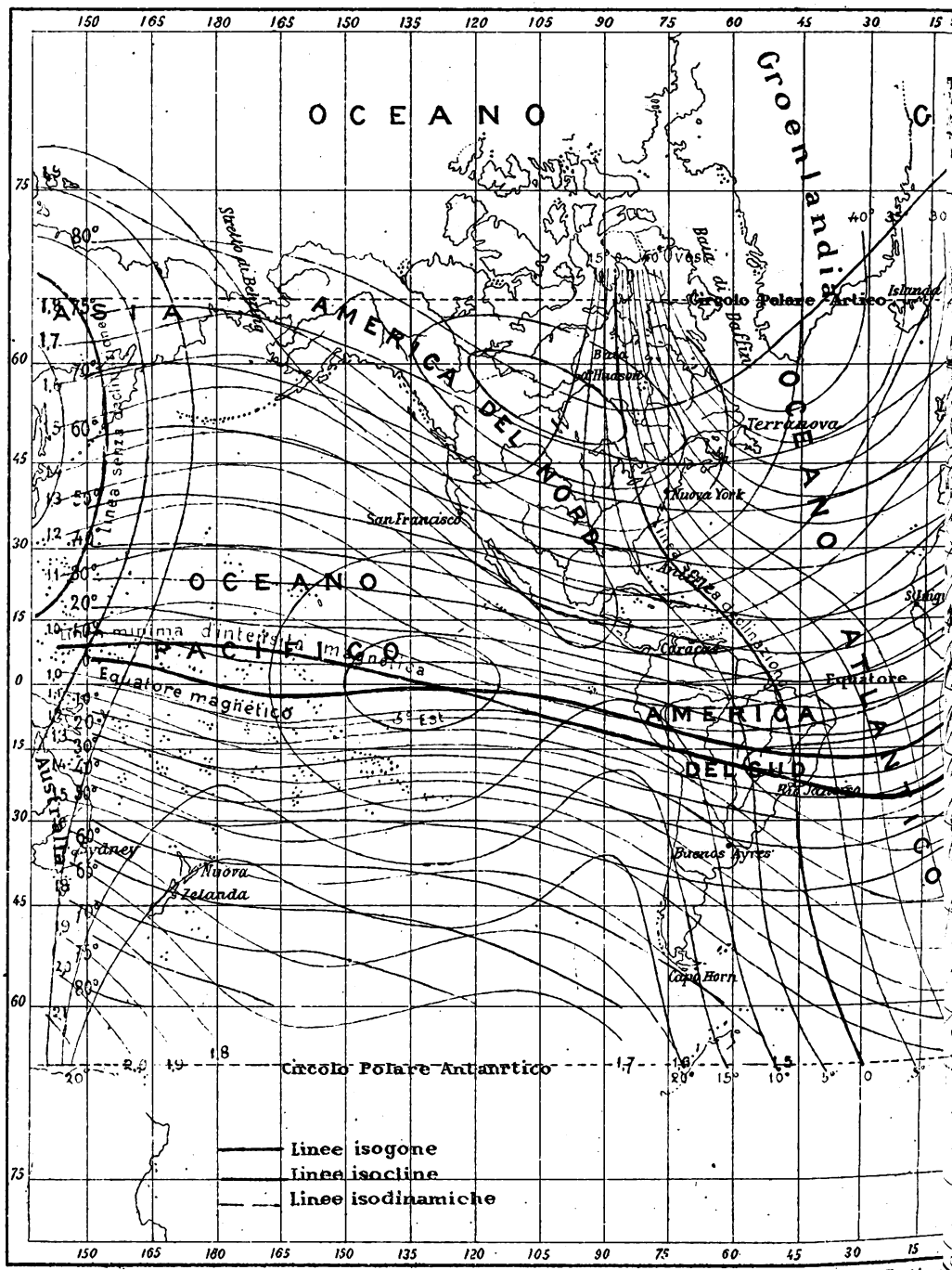
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

IL MAGNETISM

LINEE ISOGONE ISOCLI



P. Porati inc.

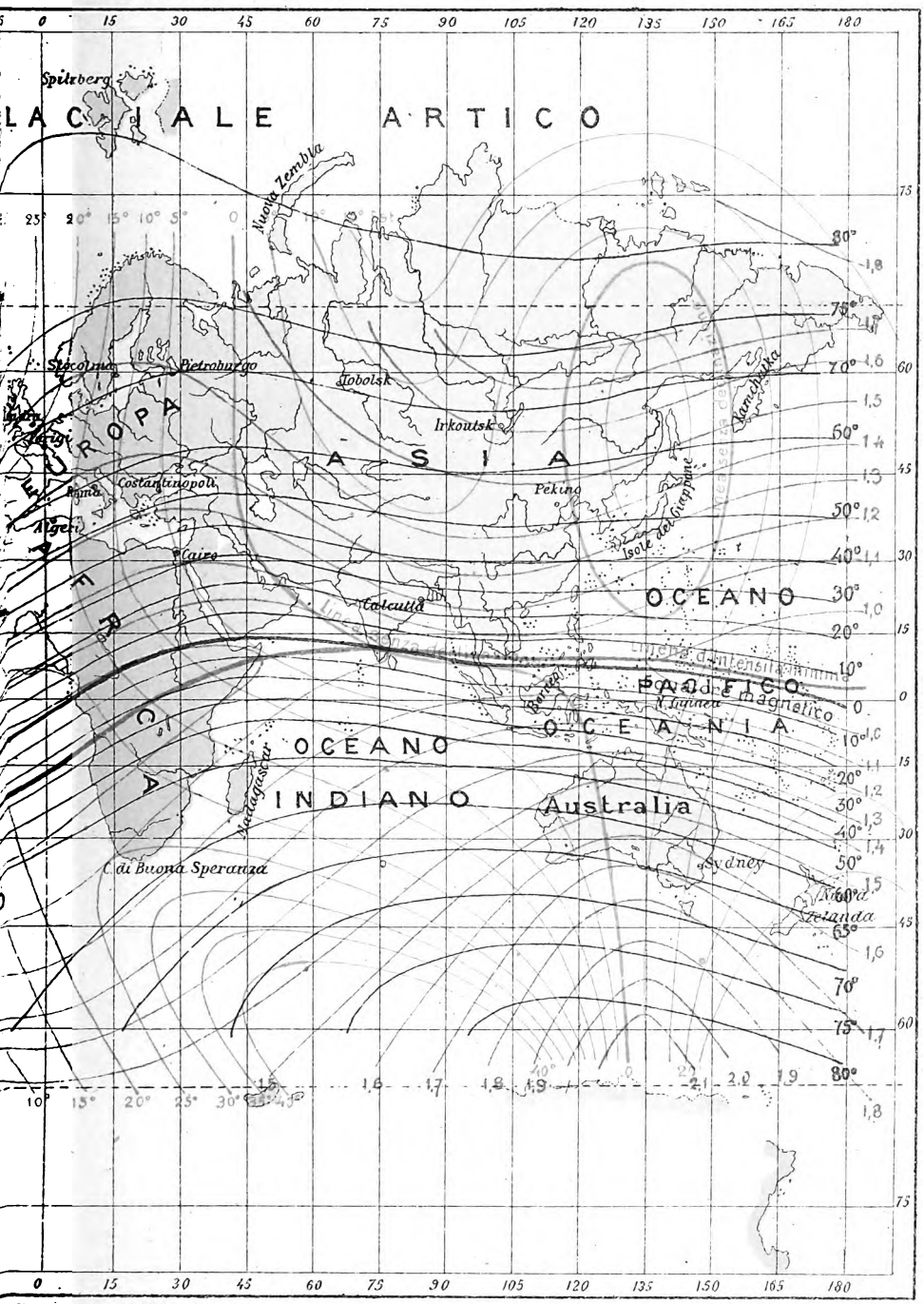
Casa Editrice Dottor

Digitized by Google

IO TERRESTRE

INE E ISODINAMICHE

Tav. XXVII



r Francesco Vallardi

G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

offrono le condizioni più attendibili per una esatta valutazione delle variazioni stesse. Senonchè si danno delle contingenze in cui l'ago abbandona improvvisamente l'andamento ordinario, ed i punti di massima o di minima variazione riescono considerevolmente spostati od anche invertiti.

Questi fatti, in analogia a quelli che si osservano nelle variazioni delle altezze barometriche correlativi alle burrasche o tempeste e che si indicano col nome di variazioni accidentali o perturbazioni, vengono nominati *pertubazioni magnetiche* e si attribuiscono ad una qualche *tempesta magnetica*. In tali circostanze tutti gli elementi magnetici declinazione, inclinazione, intensità variano nell'intervallo di poche ore assai più che non seguirebbe nelle condizioni normali in un tempo molto più lungo (1). E più ancora codeste perturbazioni si manifestano talvolta con movimenti rapidi dell'ago, quasi fosse agitato da una convulsione, per la quale si trasporta d'improvviso di varii gradi da una e dall'altra parte dell'ordinaria sua posizione, senza riguadagnarla mai precisamente anche dopo cessato l'influsso anormale.

Noi sogliamo, nel cercare le cause dei fatti, investigare dapprima le condizioni più prossime al fenomeno che studiamo, ed è per questo che si è notato anzitutto manifestarsi le perturbazioni summenzionate all'apparire di qualche fenomeno della Terra. Così fu avvertito da Desains, da Mariè-Davy e dal P. Secchi che le perturbazioni magnetiche concordano in qualche modo colle oscillazioni accidentali del barometro e furono molte volte foriere di burrasche atmosferiche straordinarie. Touchimbert ricavò dalle sue osservazioni fatte alla Martinica che i movimenti irregolari dell'ago accusano delle analoghe perturbazioni nei movimenti delle nubi inferiori, per cui non esitò a concludere per una azione diretta del magnetismo terrestre sull'atmosfera, aria, e vapore acqueo, tanto anzi da fare sperare che la meteorologia si possa valere in avvenire delle indicazioni dell'ago magnetico per la previsione del tempo (2). E parimenti si è notato che, oltre la folgore, l'effetto della quale è conforme ad ogni previsione, le meteoriti (1), i terremoti (2), le eruzioni vulcaniche (3) s' accompagnano con moti convulsivi dell'ago nella regione colpita da tali avvenimenti. Più che tutto però fu avvertito che l'agitazione dell'ago coincide colla comparsa dell'*aurora polare*, la quale per questo fatto palesa la sua intima relazione col magnetismo terrestre e merita speciale considerazione per la estensione della Terra esposta a questo fenomeno e per la grandiosità di esso.

10. Consiste l' aurora polare in una manifestazione luminosa che apparisce involgere l'atmosfera verso le regioni dei poli e si distingue pertanto in aurora boreale ed aurora australe, ma è probabile la loro concomitanza, che venne anche molte volte segnalata. Si mostra d'ordinario sotto forma di un arco luminoso (Fig. 489) che si eleva sull'orizzonte, e di cui il lembo inferiore suole essere meglio definito del superiore; sotto il lembo inferiore il cielo è sparso di cirri e, per il contrasto di luce riuscendo di una insolita nerezza, viene detto il *segmento oscuro* (4). Appariscono poi frequentemente dei guizzi di luce irresoluti, dardeggianti dal lembo inferiore, che ora con grande rapidità, ora con lentezza si dilungano gli uni sostituendo gli altri con movimento da est ad ovest e seguendo certe ondulazioni, come se cedessero ad un soffio violento ed intermittente, intanto che un lontano scrosciare viene a rompere i lunghi silenzi delle notti polari (5). L'arco spesso si stacca dall'orizzonte dall'una parte o da tutte due, avanzandosi, ripiegandosi, raccogliendosi verso l'alto del cielo fino a presentare una cupola dorata, sostenuta da colonne di luce che si dice *corona dell'aurora* e segna il momento più caratteristico e brillante della fase. Il colore della luce aurorale è bianco giallicio, ma volge assai spesso al rosso, tanto intenso da far parere la vôlta celeste come un oceano di fuoco, mentre nei varî ondeggiamenti si notano delle vaghe gradazioni del verde e di altri colori. Sublime spettacolo che la natura pare abbia riservato a quelle regioni, quasi a compenso per averle defrau-

(1) Il 17 nov. 1882 al capo Horn la declinazione magnetica nel periodo di tre ore soltanto patì una variazione di 40' e quasi contemporaneamente la stessa con minore intensità veniva avvertita all'ossevatorio del Parc Saint Maur a Parigi. *Année scientifiq. et industrielle*, Paris, 1884, pag. 36.

(2) Diam. Müller, *Sulle correnti atmosferiche nei loro rapporti col Magnetismo Terrestre*, Firenze, 1870.

(1) *Ann. Sc. Ind*, Milano, 1865, Anno II, pag. 39.

(2) Palmieri nelle *Nuove Lezioni di Fisica*, Napoli, 1883, pag. 878, sospetta che l'agitazione dell'ago durante il terremoto sia piuttosto un fatto meccanico.

(3) F. Arago, *Notices scientifiques*, T. I, pag. 515.

(4) H. Mohn, *Elem. di Meteorologia*, vers. di D. Ragona, Torino, 1875, pag. 275.

(5) Intorno allo scricchiolare che gli indigeni delle regioni frequentate dalle aurore polari dichiarano concordemente di avvertire, devesi rammentare che non fu udito mai da alcuno degli scienziati che assistettero ai fenomeni aurorali e li descrissero con ogni dettaglio.

Digitized by Google

date delle smaglianti tinte dei fiori e degli incantevoli orizzonti dei paesi tropicali!

La durata del fenomeno può limitarsi a qualche ora appena e può anche continuare per uno o due giorni consecutivi, scomparendo alla vista coll'avanzarsi del crepuscolo mattutino per riapparire al tramonto del sole. La sua estensione può essere talvolta grandissima ed anche così, come accadde il 4 febbraio 1872, che l'aurora boreale fu segnalata fino a Car-

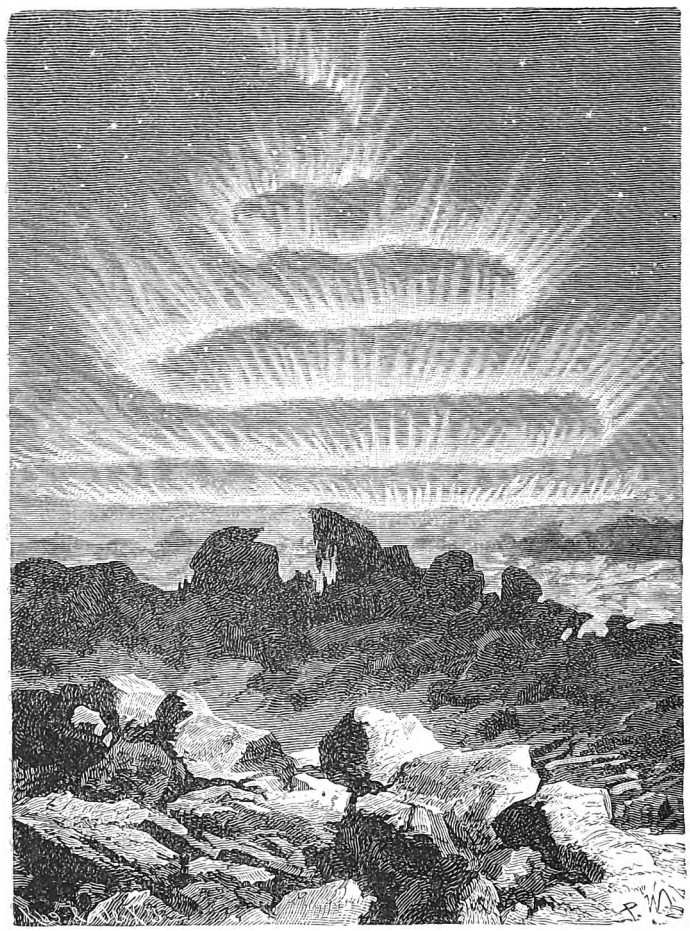


Fig. 490. — Aurora polare vista all'Aliasca.

tum (1), intanto che scorgevansi da noi i lampeggiamenti di quella australe. L'altezza alla quale il fenomeno ha luogo varia del pari moltissimo; vuolsi che ne siano apparse alcune così basse che i loro raggi rasentando la Terra abbiano potuto riflettersi su di essa, se pure questo non è a ritenersi come un fatto secondario; ma comunemente le aurore si manifestano al di sopra delle nubi, anzi in quegli strati di aria rarefatta che si trovano ad alcune centinaia di chilometri sopra del suolo.

Del resto si tratta di un fenomeno [mutabilissimo sia per la forma, sia anche per la colorazione e per le altre modalità; è un disappunto spiacevole che la fotografia non valga a fissarlo. Probabilmente la mutabilità della apparizione è almeno in parte relativa alla posizione dell'osservatore ed alle condizioni meteoriche locali. Infatti Whymper ne osservò una alla penisola d'Aliasca, che rassomigliò ad un immenso serpente luminoso il quale snodava le sue spire di luce cangiante di un effetto meraviglioso (1), mentre altre volte, come notò Nordenskiöld (2), le aurore si distinguono per un debole chiarore fermo ed invariabile in forma di arco, di cui l'orlo superiore si diffonde insensibilmente nella vôlta celeste, intanto che l'inferiore delimita nettamente il segmento non rischiarato, formato di nebbie attraverso cui si scorgono alcune stelle quando non sia occupato da una nube, nel qual caso la luminosità pare quasi sorgere dal lembo della nube. Non manca tal fiata la complicazione dovuta al rannuvolarsi improvviso ed al contrasto della illuminazione lunare.

Ad un osservatore che si trova a nord dell'arco aurorale l'arco stesso apparisce nella metà australe del firmamento ed australe si giudica il segmento oscuro.

Si crederebbe che nella regione più prossima al polo dovessero riuscire più frequenti le apparizioni aurorali, ma ciò non si verifica; anzi è già determinata la zona di maggiore frequenza, che abbraccia l'Islanda, la parte settentrionale della Norvegia, il nord

(1) *Arch. des Sciences Phys. et Natur.*, Genève, Tom. 43, pag. 174.

(1) *Tour du Monde*, 1869.

(2) *Ann. de Ch. et de Phys. Sur les aurores boréales observées pendant l'hivernage de la « Vega » au détroit de Behring* (1878-79) *par* M. A. E. NORDENSKIÖLD, trad M. A. DE SAPORTA, Paris, Tom. I, pag. 11.

Digitized by Google

della Russia europea e della Siberia, l'America settentrionale alla baia di Hudson ed al Labrador: la posizione poi della curva luminosa apparisce sensibilmente parallela alla zona nella quale il fenomeno suole mostrarsi. In certi paesi, come a Kantokeino nel nord del Finmark, a detta di Tromholt, il mancare dell'aurora è una rarità straordinaria (1), ma in ogni caso è notato che la maggiore frequenza ricorre intorno agli equinozî e la minore nei solstizî, specialmente in quello estivo, come risulta dal seguente riparto dovuto a Klein (Fig. 491).

Di più fu avvertita fin d'ora una certa periodicità della maggiore importanza nella

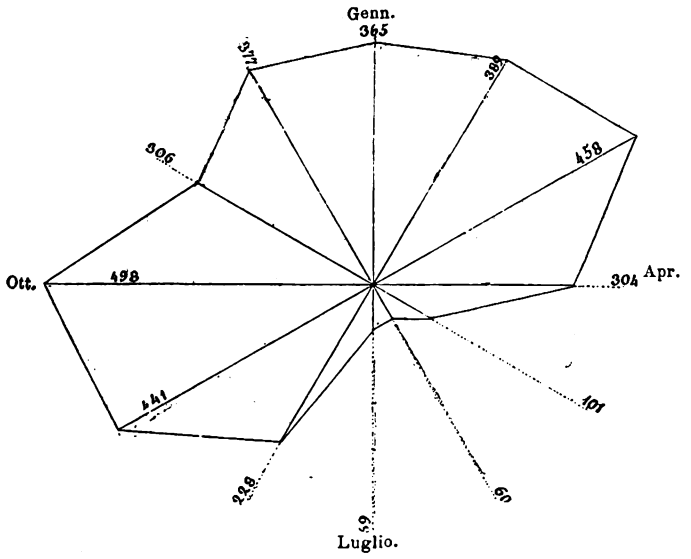


Fig. 491. — Distribuz. annuale delle aurore polari.

comparsa delle aurore. Nel giro di 10 a 11 anni raggiungono un massimo ed un minimo di frequenza molto significante, ed un altro periodo venne segnalato comprendente circa 60 anni, del quale però non si hanno ancora dati sufficienti di accertamento.

11. Più sopra si è fatto cenno delle perturbazioni dell' ago calamitato in correlazione alla comparsa delle aurore boreali e in tal modo che non v'ha dubbio oramai sulla connessione dei due fenomeni, in quanto che l'ago calamitato, che segue giornalmente le minime variazioni di cui si è parlato, alcune ore prima dell'apparizione dell' aurora declina nei nostri paesi notevolmente verso ovest, ed ai primi bagliori di luce si mostra agitatissimo, volgendo verso est, allora specialmente che la manifestazione luminosa è sul finire. Ciò avviene in una maniera così sicura che nei paesi nei quali è raro che la luminosità aurorale arrivi sensibilmente, essa è fatta manifesta pei movimenti stessi dell'ago, eccezionalmente grandi nelle occasioni delle aurore più intense ed estese, come avvenne per quella del 4 febbraio 1872, per cui Airy a Londra osservò nella declinazione una anormalità di circa due gradi (1). Si aggiunga che il fenomeno si dispone così da manifestare viemmeglio la sua connessione col magnetismo terrestre, perchè infatti il punto più alto dell'arco aurorale giace sempre nel piano del meridiano magnetico ed i raggi colorati nella loro direzione coincidono con quella della forza magnetica terrestre nel luogo in cui i raggi stessi si formano, come pure il centro della corona corrisponde al punto del cielo indicato dall' ago d' inclinazione col suo estremo più sollevato.

È poi notorio come l' ago calamitato palesi la influenza di una corrente elettrica che passi vicina ad esso, tendendo ad assumere una posizione normale alla direzione della corrente, ed è un fatto che fu constatato moltissime volte che straordinarie correnti elettriche scorrono sulla superficie terrestre all'apparire di un' aurora (2); anzi, agendo esse per induzione anche sui circuiti telegrafici, fecero sospendere o disturbarono di spesso il funzionamento ordinario della telegrafia, e diedero alle interruzioni dei circuiti delle vivacissime scintille, analogamente all'influsso esercitato sulle brevi linee in presenza di forti temporali nella bassa atmosfera.

Ciò indicherebbe manifestamente la intima relazione che lega insieme il magnetismo e la elettricità, ma abbiamo di più: De la Rive riuscì ad immaginare un apparecchio per mezzo del quale la corrente elettrica che attraversa dentro un pallone di vetro un mezzo molto rarefatto e si manifesta con una lumi-

(1) *Ann. Sc. Ind.*, Milano, 1883, pag. 365.

(1) *Arch. des Sciences Phys. et Nat.*, Genève, Tom. 43, pag. 173.

(2) *Arch. des Sc. Phys. et Nat.*, Genève, Tom. 43, pagina 171.

Digitized by Google

nosità diffusa del colore della luce aurorale, si raccoglie in un arco di luce forzato ad un movimento di rotazione quando nell'asse del mezzo rarefatto e in direzione della corrente sia collocata una calamita circondata da uno degli elettrodi terminato ad anello. Il verso poi della rotazione dipende dalla disposizione delle polarità della calamita rispetto all'andamento della corrente, tanto che si possono riprodurre per tal guisa le modalità della apparizione aurorale.

12. Al fenomeno dell'aurora si attribuirono varie cause. Alcuni fisici le diedero una origine extra terrestre e pensarono che la Terra dovesse passare attraverso una regione di aurore od un anello di sostanza capace di essere elettrizzata dalla Terra, così per ispiegare la maggiore frequenza alle epoche degli equinozi, e rafforzarono la loro opinione coi risultamenti spettroscopici, dai quali apparirebbe l'identità del corpo luminoso che si mostra nell'aurora e quello della *luce zodiacale*, la quale di solito più intensamente si pronuncia nelle ricorrenze annuali di maggiore frequenza delle aurore; e ciò con tanto più saldo convincimento poichè si attribuiva alle aurore un'altezza superiore a quella assegnata alla atmosfera terrestre. Ma dacchè si ritenne poi che l'atmosfera si inalzi sulla Terra anche più centinaia di chilometri e d'altronde quella spiegazione non parve concordarsi coi molti fenomeni che si presentano, sorse una interpretazione più attendibile indicata da Peltier, avvalorata ed estesa da De la Rive e che ebbe le più lusinghiere accoglienze (1).

Si ritiene per essa che i vapori d'acqua, i quali accompagnano il contraliseo superiore, condensandosi mano mano che s'accostano ai poli e raccogliendosi, riescano tanto più fortemente elettrizzati e in modo da determinare un flusso elettrico fra essi e gli strati inferiori col suolo sottoposto. Per questo sulla superficie terrestre rimangono indebolite quelle correnti proprie della Terra, che, seguendo i meridiani magnetici, si dirigono verso l'equatore; correnti che, come si disse superiormente, vennero già più volte riscontrate da Matteucci, da Secchi e da altri, e che, agendo sugli aghi calamitati, determinerebbero colle variazioni della loro intensità le ordinarie variazioni della declinazione ed inclinazione. Allorquando poi i vapori d'acqua per una maggiore elevazione negli strati più rarefatti e freddi dell'atmosfera cristallizzano nelle forme di aghi sottilissimi e costituiscono quella distribuzione filamentosa, che si indica col nome di *cirri*, allora per la maggiore coibenza del mezzo, aumenterebbero le tensioni elettriche nelle alte regioni e fino da quel momento si renderebbero più gagliarde le correnti terrestri, per cui l'ago della bussola sarebbe spinto a straordinarie declinazioni occidentali. Finalmente la coibenza è vinta e l'apparizione luminosa, come effetto sensibile della corrente che si stabilisce, si mostra con tutto il suo splendore: i colori, lo scricchiolare, l'agitazione dell'ago declinatorio ed i suoi maggiori movimenti verso oriente indicherebbero il ristabilirsi della condizione ordinaria.

Segue da ciò che le aurore polari sarebbero non altro che la manifestazione, nella forma più appariscente, di un flusso elettrico niente affatto accidentale o straordinario, ma soltanto di una intensità variabile e in ragione delle modalità dell'aliseo superiore e della temperatura. Evidentemente dunque sono da attribuirsi alla azione del sole, a cui dobbiamo per certo intanto la forza viva delle correnti alisee e la formazione dei vapori.

Ultimamente però E. Blavier ammise le correnti elettriche nell'atmosfera, ma contrariamente a De la Rive egli afferma che non si completano per la superficie terrestre, gli accidenti della quale, rappresentati dai monti e dai fiumi, non mostrano di avere influenza su di esse. Ritiene invece che i loro circuiti si chiudano nell'atmosfera stessa se inviluppano intieramente il globo o, se ciò avvenga per l'intermediario della Terra, questo succeda ad una profondità così grande da non permettere loro una qualsiasi azione sull'ago (1). Allora le correnti terrestri che si manifestano nei casi di perturbazione magnetica sarebbero correnti di induzione e di scarica, il che va d'accordo colle note coincidenze tra queste perturbazioni e le aurore.

In ogni modo altre concomitanze di fenomeni vennero notate e assai probabilmente in un avvenire non molto lontano si svelerà una correlazione di fatti, la importanza della quale sarebbe temerario il volere presentemente valutare. Fa mestieri stabilire opportunemente delle reti di osservatori sparse su tutti i punti della Terra, perchè al di sopra delle manifestazioni aventi carattere locale sorgano in vista quelle esprimenti le condizioni generali e cosmiche; fa mestieri trarre partito dei mezzi più perfezionati per otte-

(1) A. De la Rive, *Traité d'électricité*, Tom. III, pag. 287.

(1) *Année scientifique*, Paris, 1885, pag. 95.

Digitized by Google

nere i dati più precisi con apparati registratori e allora da sè stesso si riveleranno le cause più recondite (1).

Sulle osservazioni di molti anni addietro si sta giustamente peritosi, sia per le lacune che nelle registrazioni di esse si incontrano di sovente, sia per la mancanza di precisione, sia ancora perchè gli osservatori non potevano esser guidati da alcun indirizzo. Con tutto ciò le prime traccie di certe concomitanze inattese furono avvisate da Sabine in Inghilterra, da Gautier in Francia e da Wolf in Svizzera, indipendentemente uno dall'altro, appena che Schwabe di Dessau nel 1850, discutendo le sue osservazioni sul sole nel periodo di 25 anni, si accorse che il numero delle macchie solari segue una legge di aumento e di decremento entro un giro da lui calcolato di 10 anni all'incirca, ma che osservazioni più recenti farebbero ritenere di anni undici e un nono (2). Ma una periodicità di tale misura non era stata avvertita anche per gli elementi del magnetismo terrestre? Anzi di più, confrontandosi le date dei massimi e i minimi nella comparsa dei gruppi di macchie solari, e quelle corrispondenti ai massimi e i minimi delle variazioni magnetiche, si scorge che l'accordo non potrebbe essere meglio appariscente, come lo esprime la figura che segue:

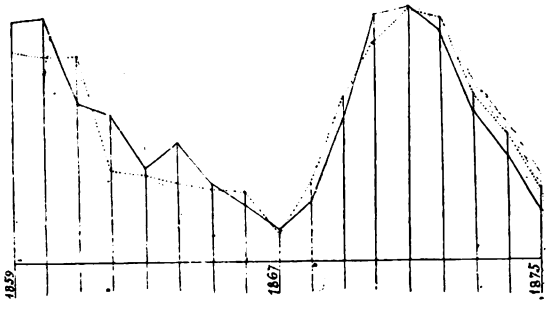


Fig. 492. — Andamento delle macchie solari e delle variazioni magnetiche.

NB. La linea viva rappresenta le variazioni magnetiche e la punteggiata quelle dei numeri delle macchie solari.

Raccogliendosi poi i dati che si riferiscono alla comparsa delle aurore, si rivela l'andamento conforme della frequenza di esse e dei periodi delle variazioni magnetiche col numero delle macchie solari. Dei due fenomeni terrestri quale debbasi ritenere effetto dell'altro non può essere ancora bene accertato, ma la loro dipendenza dalle macchie solari non sarebbe oramai da revocarsi in dubbio. Le macchie solari alla loro volta sembrano avere una stretta relazione colle *facule* e colle *protuberanze rosate* (1), e quindi con quelle manifestazioni per cui si palesa nel modo più evidente la somma delle energie che incessantemente operano nel sole; ed eccoci pertanto nella necessità di spingere le indagini lungi dal nostro umile pianeta, e rintracciare le cause di questi fenomeni terrestri là dove non si sarebbero sospettate. Agli astri dobbiamo volgere gli sguardi, comprimendo il senso di meraviglia che i moderni progressi scientifici giungano a togliere almeno in parte la taccia di assurdità alle derise speculazioni degli astrologi.

13. I fatti suesposti dovranno poi ritenersi come dipendenti dalle differenze di radiazione termica cagionate dalla presenza delle macchie sul corpo del sole, alle quali farebbero seguito le variazioni elettro-magnetiche della Terra e la comparsa delle aurore polari? Non è forse ancora il momento di pronunciarsi. Ma, ove si consideri che anche un grande numero di macchie nel sole non cambierebbe se non in misura insignificante la provvista di calore che esso manda continuamente alla Terra, e d'altronde, modificandosi il livello fotosferico alla sua superficie, questo fatto, nel dar luogo ad un abbassamento della intensità calorifica in un punto, produrrebbe un inalzamento in un altro, così da ritenersi che ne segua un compenso; se si consideri che le eclissi di sole dovrebbero del pari manifestarsi con particolari perturbazioni negli elementi magnetici, come non risulta dalle osservazioni raccolte, almeno in modo evidente (2); se si tenga conto che le variazioni magnetiche diurne si riproducono successivamente sulla Terra, a seconda del tempo locale, seguendo perciò la differenza di longitudine e il moto apparente del sole, e che le tempeste magnetiche coincidono in qualche caso colle perturbazioni della superficie solare siffattamente da doversi ritenere l'influsso del sole propagarsi al magnetismo terrestre colla rapidità della luce, codesta azione mediata del grande astro non può soddisfare.

(1) Egli è con sommo piacere che vedemmo presentato alla Camera Italiana il progetto di una Stazione magnetica in Roma, sul modello delle meglio provvedute che gli Stati più civili fondarono già da parecchi anni, con grande vantaggio della scienza. — Atti del Parlamento, 5 maggio, 1884.

(2) C. A. Young, *Il Sole*, cap. V. Nostra opera.

(1) C. A. Young, Opera cit. cap. VI.

(2) P. F. Denza, *Sulla possibile connessione tra le eclissi di sole ed il magnetismo terrestre*, Firenze, nella Riv. Sc. Indust. Gennaio, 1874.

Digitized by Google

Perciò non resta che vedervi l'azione immediata e ritenere che esso agisca sulla Terra e sull'ago calamitato, anche come se fosse una immensa calamita, collocata a grande distanza ed avente colla Terra i poli dello stesso nome rivolti alla stessa parte del cielo. Nello stesso ufficio esso avrebbe quale alleata non trascurabile la luna, come risulta dalle osservazioni di Sabine e di Plantamour (1), dotata di magnetismo proprio o indotto; e poichè anche con ciò non si toccano gli estremi limiti del sapere, si chiede se alla loro volta codesti astri non potrebbero subire, assieme alla Terra, una influenza cosmica generale, e quale sarebbe mai la natura della energia originaria che tutto penetra e contiene?

Abbandoniamo questo ordine di elevatissime considerazioni, ma affermiamo intanto che col raggio solare molte influenze insieme legate, le une correlative alle altre, investono il nostro sistema planetario, ne agitano la mole grandiosa e commovono in mille guise le più riposte molecole di essa. Non altrimenti che uno stesso corpo eccita nel nostro organismo le varie sensazioni della vista, del gusto, del tatto, a seconda dell'organo che viene a colpire, una sola sorgente di moto basta ad imprimere agli infiniti congegni della macchina mondiale le infinite manifestazioni che affermano la sua esistenza. E certamente Macedonio Melloni, il quale non avrebbe voluto considerare il calore come una appendice della luce, ma piuttosto questa quale una dipendenza del calore, troverebbe oggidì ragioni bastevoli a modificare la sua proposizione nel concetto moderno della essenziale unità delle forze cosmiche, delle quali soltanto le estrinsecazioni più appariscenti scossero la immaginazione anche degli antichi poeti e ne vivificarono il canto (1).

Fors' anche il Sol con la sua rosea lampa
Risplendendo nel Ciel, molto d'intorno
D'invisibile ardor fuoco possiede,
Che alcun fulgore non irradia, in guisa
Che carica d'ardore ed a tal segno
Del flagel de' suoi rai la forza accresce.

(1) PLANTAMOUR. *Arch. de l'électricité*, T. IV, pag. 620.

(1) *La Natura*, di T. LUCREZIO CARO. Trad. di *Mario Rapisardi*, Milano, 1880, lib. V.

Digitized by Google

CAPITOLO VII.

CLIMATOLOGIA GENERALE (1).

DEL PROF.

E. MILLOSEVICH.

I fenomeni naturali meno comuni interessano di più; chè la ricerca del vero è sorella nobilitata della curiosità.

L'abitudine di vivere in mezzo ai fenomeni meteorici è la ragione prima per la quale l'uomo credette sempre di conoscerli, ed è soltanto da poco tempo che si convinse che avrebbe dovuto studiarli. .....

Il concetto di *clima*, preso dall'origine filologica della parola, è puramente geometrico, e si collega colla diversa distanza zenitale che il sole e gli astri tutti raggiungono quando si trovano in meridiano nei diversi paralleli della Terra. Ma poichè il mondo animale e vegetale risente, pressochè esclusivamente, dal sole le energie extratelluriche, così dalla diversa altezza del sole in meridiano da parallelo a parallelo, allo stesso istante fisico, e dalla diversa ampiezza di detta altezza in tempi diversi trassero origine la parola e la divisione dei climi sotto il riflesso puramente astronomico. Benchè l'effetto della latitudine sul clima d'un paese sia di notabilissima efficacia, come vedremo ben presto, pure oggidì alla parola *clima* si annette un significato più ampio e più complesso, coordinando il fatto geometrico con una serie di fattori fisici, i quali o sono funzione di quello (e questo è il caso generale), o sono alterazioni, alcune volte profonde, di esso, in modo da *perturbarlo*. Il concetto adunque generale di clima è un concetto fisico e il clima si potrebbe definire nel seguente modo: « l'insieme delle variazioni atmosferiche che colpiscono i nostri organi in una maniera sensibile (A. Humboldt). » Lo studio quindi del clima è strettamente collegato con quello delle sensazioni umane, ed alcuni elementi del clima d'una regione sono strettamente congiunti col morale dell'uomo e coll'armonia delle sue facoltà. Così, ad esempio, la trasparenza dell'atmosfera e la serenità del cielo non solo hanno una grande importanza per la irradiazione calorifera del suolo, ma influiscono sull'animo umano in modo veramente eccezionale, sia nelle manifestazioni della affettività, che in quelle dell'ingegno, in modo da contraddistinguere per caratteri specifici le diverse schiatte umane, che godono il beneficio della serenità da quelle che ne sono in gran parte dell'anno prive.

Lo studio del clima d'una regione è strettamente congiunto a quello dello sviluppo organico dei vegetali e della maturazione delle frutta, chè gli studi moderni dimostrarono spettare per cadauna produzione vegetale un tipo ottimo di clima (serenità, temperatura, umidità), il quale, se è raggiunto per una data pianta, questa produce un massimo.

Studiare il clima d'un paese o d'una regione vuol dire: determinare per questo paese o per questa regione lo stato medio dei diversi elementi atmosferici (pressione, umi-

(1) L. F. Kämtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, (3 Vol.) Halle, 1831-36; — D. J. Hann, *Handbuch der Klimatologie*, Stuttgart, 1883; — C. S. M. Pouillet, *Elèments de physique et de météorologie*, Paris, 1827-28; — H. Mohn, *Grundzüge der Meteorologie*, Berlin, 1875; — H. Marie Davy, *Météorologie*, Paris, 1866; — L. Brault, *Météorologie nautique*, Paris, 1877; — M. F. Maury, *The physical geography of the sea, und its meteorology*, London, 1860; — C. H. D. Buys Ballot, *Les courants de la mer et de l'atmosphère*, Bruges, 1874; — J. F. Schouw, *Beyträge zür vergleichenden Klimatologie*, Copenhague. 1827.

Jahrbücher der K. K. Central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Wien; — *Annales du bureau central Météorologique de France*, Paris; — *Annalen des Physikalischen Central-Observatoriums*, S. Petersburg; — *Annali dell'Ufficio Centrale di Meteorologia in Italia*, Roma.

Meteorologische Zeitschrift (Deutsche Meteor. Gesellschaft), Köppen; — *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, London; — *Journal of the Scottisch Meteor. Society*, Edimb: and London; — *Annuaire de la Soc. Météor. de France*, Paris; — *Zeitschrift der Ost. Gesellschaft für Meteorologie*, Wien; — *Symons's Montly Meteor. Magazine*, London; — *L'idrologia e la Climatologia medica*, (Chiminelli e Faralli. Firenze); — *Bollettino decadico e mensile dell'Osservatorio di Moncalieri*. e . ecc.

Digitized by Google

dità, temperatura, precipitazioni, nebulosità, serenità, correnti aeree, ecc.). Qui giova peraltro notare che s' ingannerebbe di assai chi credesse in generale di conoscere il clima d'un paese o d'una regione per il fatto che fosse in possesso d'una serie di valori normali degli elementi prima citati. Ed in vero, che cosa rappresentano dei valori normali? Rappresentano delle medie di lunghi periodi di osservazioni, nelle quali vennero a compensarsi o completamente o parzialmente le così dette anomalie.

Or bene, se le anomalie dei singoli elementi differiscono in generale di poco dai valori medî, certamente la conoscenza di questi basterà per giudicare del clima d' un paese; ma se dette differenze sono notabili, esse da sè sole costituiscono i caratteri più importanti e veramente necessarî ad essere noti sul clima di detta regione. E perciò per conoscere il clima d'una regione devonsi studiare i cangiamenti che avvengono in quello sugli elementi meteorici, quando questi cangiamenti non sono di carattere fugace ed accidentale, ma invece di carattere *ritmico*.

Per uno studio sistematico del clima in generale è necessario partire da prima da un concetto teorico, supporre cioè la Terra composta d' un solo fluido omogeneo sotto il punto di vista fisico (eguale densità, eguale potere raggiante ed assorbente, ecc). Dietro questa ipotesi si gettano le basi della teoria matematica dei climi: sarebbe in certo modo la climatografia d'uno stato primitivo della Terra, dalla quale si passa allo stato vero e presente e dal paragone dei due diversi stati, almeno per qualche elemento, si traggono i criterî e le ragioni delle anomalie. L'elemento del clima più importante e meno difficile ad essere sottoposto ad uno studio generale è l'elemento termico, dal quale prendo le mosse.

La inclinazione del piano dell'orbita della Terra rispetto al suo equatore (23° 27′ 15″ per il 1885.0) ed il quasi perfetto parallelismo dell'asse di rotazione sono le cause, come è noto, che determinano le stagioni (1). Il sole dal sostizio di estate a quello del verno passa a mezzodì vero allo zenit di tutti i paralleli della Terra, che hanno per limiti i due tropici, e però nella zona tropicale due volte all'anno il sole culmina allo zenit in due periodi disuguali, che all'incirca si eguagliano per il parallelo equatoriale; epperò per un osservatore al tropico del Cancro o del Capricorno la distanza zenitale del sole in meridiano oscilla da 0° a 47° in un mezzo anno, e per un osservatore sull'equatore essa oscilla fra + 23° e — 23°. Un osservatore, per es., dell' Europa non può mai avere il sole allo zenit, e così si dica d'uno stanziato nella zona temperata australe. Per es: a Roma la minima distanza zenitale del sole meridiano al sostizio di estate è di 18° 27′, minore adunque di quella che in quell' epoca ha un osservatore del tropico del Capricorno (Rio Janeiro, lat: 22° 54′ S.); ma al sostizio d' inverno la distanza meridiana zenitale del sole è a Roma di 65° 21′. Se consideriamo le latitudini più elevate, al nord e al sud dell' equatore, avremo i seguenti fatti notabili. Da un certo parallelo di latitudine (66° 33′) fino a 90° e da una certa epoca dell' anno fino ad un'altra possiamo avere la permanenza o l' assenza del sole dall'orizzonte per un periodo eguale o maggiore d'un giorno.

Una costruzione geometrica, oppure alcune facili relazioni di trigonometria sferica rendono

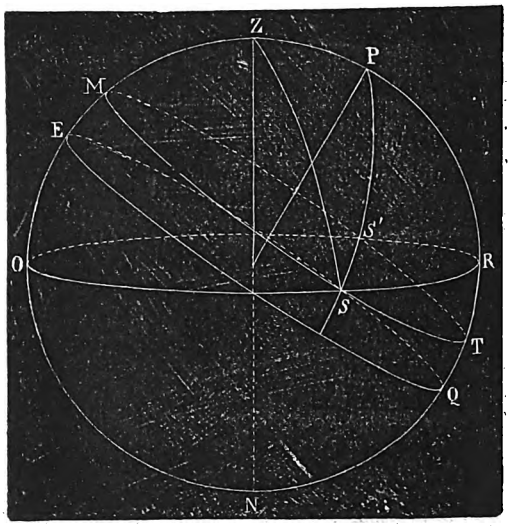


Fig. 493. — Durata del sole sopra l'orizzonte per un punto dato.

(1) Sia (Fig. 493) per Bergen PR = 60°24′, sarà EZ = 60°24′, essendo P il polo nord, Z lo zenit, OR l'orizzonte, EQ l'equatore. Sia il 21 giugno, EM = 23°27′, essendo TSMS′ il parallelo descritto dal sole il giorno del sostizio di estate: sarà per il sole in meridiano MZ = distanza zenitale; EM = declinazione; e per l'istante del sorgere del sole SM = arco semidiurno = angolo ZPS; RT = depressione del sole a mezzanotte vera.

conto esattamente di tale fatto importantissimo. Noi possiamo infatti calcolare sempre l'altezza del sole in meridiano di un luogo

(1) Vedi nella nostra opera a pag. 193.

Digitized by Google

di nota latitudine ad un giorno dato, nonchè costruire l'angolo orario di quello all'istante che sorge o che tramonta, dedurre cioè la sua ampiezza ed esprimerla in tempo. Noi potremo sempre assegnare anche graficamente i limiti del problema, al di là dei quali l'arco diurno o si mantiene per intero sull'orizzonte o per intero si asconde, e ciò dal parallelo $\pm$ 66° 33′ andando verso il polo per ispeciali intervalli di tempo.

Facciamo un esempio: (vedi nota (1) e figura 493 della pagina precedente).

Per Bergen adunque, che è alla latitudine di 60° 24′, ponendo per il sostizio d' estate δ (declinazione) = 23° 27′, avremo z (distanza zenitale) = 36° 57′; ma per il sostizio d' inverno, dovendosi porre $\delta = -23° 27'$, avremo $z = 83° 51'$, cioè il sole è bassissimo anche in meridiano. Il valore del semiarco diurno in tempo è $3^h\ 19^m$, cioè al sostizio d' inverno il sole si leva a Bergen alle $8^h\ 41^m$ ant. di *t. v* e tramonta alle $3^h\ 19^m$, mentre il 21 giugno si leva alle $3^h\ 19^m$ ant. e tramonta alle $8^4\ 41^m$ p. A mezzanotte vera l'altezza del sole è data dalla relazione

$$h = \varphi + \delta - 90°,$$

cioè dalla somma della latitudine colla declinazione devonsi levare 90°.

Per Bergen avremo al 21 giugno $h = -6° 9'$, cioè il sole è bensì sotto l'orizzonte, ma nel parallelo all'orizzonte ben lontano da quello della cessazione del crepuscolo astronomico (16° a 17°), cioè in detto giorno non fa notte chiusa a Bergen. Per $\varphi = 66° 33'$, abbiamo $h = 0°$, cioè in detto parallelo al solstizio estivo il sole lambe l'orizzonte soltanto a mezzanotte vera (non tramonta). Siamo ora in caso di costruire la seguente importante tabella.

TABELLA A.

ALTEZZA MASSIMA, MINIMA E MEDIA DEL SOLE IN MERIDIANO.

Località	Latitudine	Altezza massima	Altezza minima	Altezza media
Lady Franklinbai	81°44′	31°43′	—	—
Capo Nord . . .	71 10	42 17	—	—
Pietroburgo (oss)	59 56	53 31	6°37′	30° 4′
Copenhagen . . .	55 41	57 46	10 52	34 19
Greenwich . . .	51 29	61 58	15 4	38 31
Venezia	45 26	68 1	21 7	44 34
Atene	37 58	75 29	28 35	52 2
Calcutta	22 23	90 0	44 10	—
Pointe de Galle .	6 1	90 0	60 32	—
Quito	—0 14	90 0	66 19	—
Valparaiso . . .	—33 2	80 25	33 31	56 58
Capo Watchmann	—48 21	65 6	18 12	41 39
A	—55 0	58 27	11 33	35 0
B	—60 0	53 27	6 33	30 0
C	—70 0	43 27	—	—
D	—75 0	38 27	—	—
E	—80 0	33 27	—	—
F	—90 0	23 27	—	—

Osserv. Per le regioni circumpolari non si indicò l'altezza minima, giacchè il sole dall' altezza minima 0° passa ad altezze negative (sotto l'orizzonte) per un certo intervallo di tempo.

Siccome poi per le regioni intertropicali il segno della distanza zenitale del sole non è costante, così l'altezza media devesi calcolare nel seguente modo.

Calcutta	(solstizio estate)	altezza da Sud	91° 4′	media 67° 37′.
	(solstizio inverno)	» »	44 10	
Pointe de Galle	(solstizio estate)	» »	107 6	media 83 49.
	(solstizio inverno)	» »	60 32	
Quito	(solstizio estate)	» da Nord . . .	86 19	media 89 46.
	(solstizio inverno)	» » . . .	113 13	

La durata adunque del sole sopra l'orizzonte, la durata della sua assenza da esso e la distanza zenitale massima, minima e media in meridiano, sono gli elementi che caratterizzano i diversi climi secondo il concetto puramente astronomico; di qui la ripartizione della terra in zone, e la determinazione dei paralleli, che hanno per massimo arco diurno del sole 12^h, $12^h30,^m$ 13^h, 13^h30^m, ecc., (climi astronomici) fino la parallelo $\pm$ 66° 33′ che può avere il sole per 24 ore sopra l'orizzonte. Poi i climi di un mese, di due mesi, ecc. Il sole è la sorgente pressochè unica del calore alla superficie della terra. I raggi lucidi e caloriferi di esso devono attraversare l'atmosfera per giungere a noi, ed inoltre, se chiamiano con I la intensità della radiazione solare per l'astro allo zenit, avremo (cæteris paribus) ad un' altezza h, $I' = I \operatorname{sen} h$, cioè per $h = 0°$, $I' = 0$. Questa relazione trigonometrica è per sua natura indipendente dallo spessore variabile dell' atmosfera dallo zenit all'orizzonte, cioè dall'assorbimento del calore e della luce dipendente dal nostro inviluppo gasoso. Lo spessore dell'atmosfera, detto uno quello dello zenit, si calcola facilmente con una relazione fra l'altezza dell' atmosfera, il raggio della terra e la distanza zenitale del

Digitized by Google

sole. In quella relazione devesi esprimere il raggio in unità di altezza, cioè essa contiene una quantità non rigorosamente esprimibile in numeri.

Gli studi attinometrici hanno dimostrato che, quando l'atmosfera ha tutte le apparenze d'una perfetta serenità, essa assorbe ancora quasi la metà della quantità totale di calore che il sole emette verso la Terra, ed è l'altra metà solamente di questo calore che cade sulla superficie del suolo e che si trova diversamente ripartito, secondo che esso attraversa l'atmosfera con obbliquità più o meno grande. Senonchè, non solo la inclinazione del sole rispetto alla verticale, ma la durata di esso sopra l'orizzonte è una funzione della temperatura dell'atmosfera in un dato luogo: di qui un problema notabilmente complesso è quello della intensità e quantità calorifera dei raggi solari in un dato giorno e per un dato luogo. Ad es: il 20 marzo al polo l'intensità è nulla, mentre all'equatore è 1, ma al 21 giugno l'intensità al polo nord (che ha il sole in permanenza e da tre mesi) è maggiore che all'equatore, dove raggiunge il valore 0.9. Ciò non pertanto è da distinguere bene la temperatura dell'aria dall'intensità e quantità raggiante in un dato istante, dipendendo la prima dalla temperatura degl'istanti precedenti, siano poi questi istanti traducibili in periodi di tempo anche lunghi. Se non si facesse questa importante distinzione, non si spiegherebbero le relativamente basse temperature dei massimi delle regioni circumpolari.

Nell'ipotesi accennata a pag. 868 i luoghi che hanno la stessa temperatura media, la stessa temperatura jemale ed estiva, dovrebbero trovarsi sullo stesso parallelo.

Qui è necessario entrare in qualche definizione e ricordare qualche principio di fisica.

La temperatura d'un luogo si determina esplorando la temperatura dell'aria per mezzo del termometro collocato a qualche metro dal suolo, riparato dalla diretta radiazione e dall'influenza della temperatura delle muraglie. Il termometro ha per punto fisso la temperatura del ghiaccio fondentesi (0° C, R; 32° F) e quella del vapore dell'acqua che bolle alla pressione di 760^{mm} (100°-80°-212°, C-R-F).

$$\text{Di qui: } t_c = \frac{5}{4}\ t_r\ ;\ t_r = \frac{4}{5}\ t_c\ ;$$

$$t_c = (t_f - 32°)\ \frac{5}{9};\ t_r = (t_f - 32°)\ \frac{4}{9}.$$

La media temperatura d'un luogo è data dall'espressione

$$\frac{\Sigma t}{n}$$

dove Σt è la somma delle medie annue per un periodo di almeno 25 anni, espresso da n.

La media annua deriva dalla mensile, e questa dalla diurna.

Per determinare la media temperatura d'un giorno o si studiano le curve dei termometrografi, o si fanno osservazioni dirette, per es. di ora in ora. Siccome quest'ultimo processo è soverchiamente incomodo, si studiarono diverse combinazioni di osservazioni opportunamente spaziate, le quali sostituissero la media diurna ottenuta direttamente. In Italia la seguente formola, del Cantoni, adottata dall'Ufficio centrale meteorologico, soddisfa fra limiti quasi trascurabili allo scopo.

$$\frac{1}{4}(t_{9a} + t_{9p} + T + \tau)$$

nella quale t_{9a} è la temperatura alle 9 ant. t_{9p} è quella alle 9 pm., T e τ sono rispettivamente la massima e la minima diurna.

Conoscendosi d'un immenso numero di luoghi la media temperatura, i numeri che la rappresentano possono collocarsi sopra una carta geografica in corrispondenza delle località, e nel 1817 A. De Humboldt, che proponeva questo sistema, chiamava le curve che passano per i punti di eguale temperatura media linee *isoterme*, riservando le espressioni *isotere* ed *isochimene* a quelle curve che passano per quei luoghi che hanno eguale temperatura media estiva ed eguale temperatura media jemale (1).

Ben lungi dall'avere sulla Terra delle linee isoterme, isotere ed isochimene parallele all'equatore, esse intersecano i paralleli sotto angoli variabilissimi, e, pur conservando il carattere essenziale di diminuzione di temperatura dall'equatore verso i poli, presentano le convessità o le concavità rispetto ai poli, in modo da divenire l'espressione cartografica di cause che modificano più o meno possentemente la temperatura sotto le diverse latitudini geografiche.

Chiamano i meteorologisti un luogo di clima *limitato*, di clima *costante*, di clima *eccessivo*, quello nel quale le temperature estreme dell'anno differiscono di poco, di pochissimo o di molto fra di loro. Questa distinzione

(1) V. **Tavola** del nostro **Atlante**.

Digitized by Google

è assai importante a conoscersi in climatologia, perchè ha un peso notabile nell' economia delle piante, degli animali e dell'uomo. Sotto questo riflesso i climi si possono distinguere in insulari e continentali.

Le cause che inflettono le linee isoterme rispetto ai paralleli e che fanno deviare le isotere e le isochimene dal loro stato teorico sono molteplici. In primo luogo devesi notare che le osservazioni si fanno in località che sono elevate sopra il livello medio degli oceani; questa elevazione può raggiungere valori considerevoli e può anche invertirsi in una depressione rispetto al detto livello (bacino del Caspio). Se adunque non esistessero altre cause modificanti il fenomeno, basterebbe da sè l'altitudine a perturbarlo.

La legge colla quale diminuisce la temperatura coll'altezza, quando si limiti quest'altezza ai luoghi accessibili all'uomo, può essere dedotta dal raffronto di osservazioni di temperatura a diverse altezze.

Pur tuttavia lo stato attuale, o dinamico, di detta legge può subire alterazioni enormi ed anche inversioni, ed è soltanto possedendo serie continuate di osservazioni che si poterono avere dei valori statici assai soddisfacenti. Già nel capitolo sulla *temperatura* (pag. 750 e seg.) si potè vedere a quali conclusioni si possa arrivare in ordine a tale problema. Studiando accuratamente una regione sotto questo riflesso, si possono costruire delle tavole di riduzione della temperatura al livello del mare, ed in tal modo si possono liberare le isoterme, le isotere e le isochimene dalla perturbazione dovuta all' altitudine: ma in realtà tali linee così modificate hanno ben poca importanza, specialmente dal punto di vista fisiologico, se la vita animale e vegetale si abbarbica appunto sulle rugosità del nostro ellissoide.

È necessario qui fare un'importante distinzione fra una località elevata ed isolata appartenente ad una regione bassipiana, e un pianoro di ampia estensione. Nel primo caso è imperiosa la riduzione al livello del mare della temperatura di detta località sotto pena di cadere in assurdi, mentre per le località situate ad altezze poco diverse fra di loro e appartenenti ad un ampio pianoro la riduzione al livello del mare delle temperature diventa paradossale.

È questo il solo criterio logico, che deve tenere il climatologo che voglia fare un tracciato di linee di eguale temperatura.

A parte adunque la riduzione al mare delle temperature dei picchi isolati, o meglio della temperatura di essi alla pianura sottostante, il tracciato delle sopradette curve, quale si presenta in realtà, è la vera espressione delle cause che le fanno deviare dalla legge teoretica, non esclusa la elevazione del mare per gli ampi altipiani.

A. De Humboldt sagacemente osserva che fu un beneficio per i progressi della climatologia che la civiltà europea abbia esteso il suo influsso sulla riva orientale dell'Atlantico, perchè già i primi colonizzatori s' accorsero degli inverni assai più freddi fra la Carolina del nord e lo sbocco del fiume S. Lorenzo, che non gli inverni dell' Italia, della Francia e della Scozia, a parità di latitudine.

Prendiamo dal libro del Dr. Hann sulla climatologia qualche numero, che raccogliamo in questa tabella.

Località	Latit.	Altit.	Temp. Gennaio	Temp. Luglio	Temp. media annuale.
Hebron . . .	58°20′	—	—20.°6	8.°9	—4.°4
Quebeck. . .	46 49	91m	—11. 2	20. 2	4. 2
Toronto . . .	43 39	104	— 4. 9	19. 6	6. 8
Boston . . .	42 22	21	— 3. 4	22. 1	9. 0
N. York . .	40 50	8	— 1. 0	23. 9	11. 0
Filadelfia . .	39 56	12	— 0. 4	24. 4	11. 6
Washington	38 53	27	0. 2	24. 4	12. 0

Scegliamo ora alcune località dell' Europa occidentale e dell' Italia, poco elevate, come sono le precedenti, e situate sullo stesso parallelo, e costruiamo un' identica tabella.

Località	Latitudine	Altit.	Temp. Gennaio	Temp Luglio	Temp. media annuale.
Thurso . . .	58°36′	15m	3. 1	13. 5	7. 9
Bordeaux . .	44 51	12	5. 6	20. 6	12. 8
S. Martin . .	43 47	40	6. 1	19. 8	12. 9
Roma	41 54	50	6. 7	24. 8	15. 3
Napoli . . .	40 52	149	8. 2	24. 3	15. 9
Palermo . .	38 7	72	11. 0	25. 4	17. 9

Ritenute trascurabili le differenze per le piccole altitudini delle località or ora scritte, si ha:

Gennaio	Luglio	Anno	
+23.°7	+4°.6	+12.°3	Thurso meno Hebron.
+11. 0	+0. 2	+ 6. 1	S. Martin meno Toronto.
+10. 1	+2. 7	+ 6. 3	Roma meno Boston.
+ 9. 2	+0. 4	+ 4. 9	Napoli meno N. York.
+10. 8	+1. 0	+ 5. 9	Palermo meno Washington.

Quelle cifre sono eccessivamente eloquenti per mostrare come, a parità di latitudine ed altitudine, si inflettono le curve della temperatura in modo da produrre i rigidi inverni

Digitized by Google

degli Stati Uniti ed i miti dell' Europa occidentale e dell'Italia, mentre gli estati differiscono di pochissimo fra di loro, il che caratterizza il clima degli Stati Uniti come eccessivo o continentale.

Un saggio più eloquente e più completo di climi moderati ed eccessivi lo possiamo avere paragonando, ad es., l'Europa N. O. coll'E. e N. E. dell'Asia; la costa Atlantica dell'America australe extratropicale colla corrispondente Pacifica; le coste O. ed E. del l'America settentrionale.

				Gennaio	Luglio	Anno
Ad es.: Scudesnaes	+ 59° 9′;	5°16′ E;	alt. 11m	+ 1°.1	+ 14°.1	+ 7°.1
Ochotsk	+ 59 21 ;	143 17 E;	:: 10	— 23. 7	+ 13. 3	— 5. 1
differenze	0°12 ;	138° 1′	1	24. 8	0. 8	12. 2

Esempio splendido di quanto, a parità di latitudine e di altitudine, possono differire le isochimene per l'azione sulla temperatura degli altri fattori climatici.

		Gennaio	Luglio	Anno	
Montevideo e Buenos Aires	—34° 54′ / 37′	+ 22.°8 / + 24. 3	+ 10.°9 / + 10. 4	+ 16.°8 / + 17.°2	costa orientale S: America
Valparaiso	— 33° 1′	+ 17. 3	+ 11. 4	+ 14. 2	

In questo esempio ci troviamo in latitudini basse, benchè extropicali, ma l' azione delle due correnti marine, del Brasile (calda) e di Humboldt (fredda), si palesano nettamente, specialmente nell'estate, cioè in gennajo.

			Gennaio	Luglio	Anno
Sitka Alask	+57°3′	135°39′ O	— 1. 0	12.5	5.7
York Factory	+57 0	92 26 O	—23. 9	13.4	—5.6

Finalmente in quest'ultimo esempio, a parità di latitudine e di altitudine, i venti di S. O. ed i residui della corrente Nera mitigano il clima del N. O. dell'America settentrionale in confronto del N. E.

Delle cause possenti adunque devono influire per produrre effetti così notabili, ed è di queste che dobbiamo ora occuparci.

Le cause che modificano le curve della temperatura, a parità di parallelo e di altezza, sono le seguenti:

1. La distanza o la vicinanza dal mare in generale e dai grandi specchi d' acqua in particolare, non esclusi i grandissimi fiumi.

2. La presenza di montagne prossime, la loro estensione, la loro figura e sopratutto la loro altezza ed il loro orientamento.

3. Il terreno, la sua coltivazione e la sua inclinazione.

4. La direzione dei venti, la durata d'una speciale direzione, o la rapida mutabilità di detta direzione. La intensità o forza di detti venti.

5. La serenità e la nebulosità del cielo; la frequenza, la quantita e la specie delle precipitazioni.

6. L'essere una regione prescelta o meno per il passaggio delle depressioni, oppure degli anticicloni.

7. Il predominio o la scarsezza dei fenomeni elettrici (temporali).

8. Il rimboscamento o diboscamento operati dalla natura o dall'uomo, ed in generale tutte quelle grandiose operazioni umane tendenti a modificare più o meno profondamente l' aspetto oro-idrografico d'una regione e la sua salubrità.

9. Le correnti oceaniche calde o fredde e la distribuzione degli oceani.

10. La configurazione delle coste, la estensione maggiore o minore dei continenti e delle isole, e lo insinuarsi o meno degli oceani dentro terra, generando i mediterranei.

Queste sono indubbiamente le cause principali che inflettono le linee della temperatura rispetto ai paralleli, a parità di latitudine e di altitudine.

L'altitudine poi, considerata soltanto per i vasti altipiani, trasporta verso l'equatore la curva della isoterma della pianura, cioè passano per l'altipiano isoterme che spettano alla pianura, ma in latitudine più elevata.

È importante prima di tutto far riflettere che le precedenti cause modificanti sono tutt'altro che indipendenti fra di loro, anzi alcune di esse sono semplicemente effetti di alcune altre. Se noi le abbiamo classificate come indipendenti, egli è perchè apparentemente agiscono come tali sulla temperatura, oppure uno degli effetti è straordinariamente prevalente, in modo da doversi considerare causa per una speciale regione.

Oltre le cause di azione attuale e costante che inflettono le isoterme, isotere ed isochi-

Digitized by Google

mene, vi sono cause, che diremo secolari ed astronomiche, le quali, anzichè produrre delle inflessioni, tendono piuttosto a rimuovere le linee parallelamente a sè stesse. A parte le lente modificazioni geologiche che avvengono con maggiore o minore intensità sulla Terra, vi è una causa astronomica che rende conto in buona parte della diversità di clima dei due emisferi nord e sud, specialmente nelle alte latitudini: voglio accennare qui all'orientamento presente dell'asse maggiore dell'orbita della Terra rispetto alla linea degli equinozii, ed allo spostamento secolare di quello rispetto a questa. Ne diremo in seguito.

Trattasi ora di prendere in rapido esame tutte le cause sopracitate, per istudiare quelle che agiscono nel senso di aumentare la temperatura, e quelle che agiscono in senso opposto. Qui dobbiamo supporre che il lettore conosca una gran parte de' fatti meteorologici, che vennero trattati in altri capitoli e dei quali dobbiamo approfittare, e che quindi soltanto accenneremo.

È noto dalla calorimetria che una sostanza ha più o meno *capacità* per il calore, secondo essa richiegga più o meno calore per provare un cangiamento di temperatura prestabilito, ad es. di 1°. Questa quantità di calore si dice *calorico specifico* della sostanza. Due corpi hanno *capacità* eguale, se, a peso eguale, domandano la stessa quantità di calore per riscaldarsi di 1°, ed un corpo avrà capacità doppia, tripla, ecc. se esige due, tre, ecc. volte più di calore.

L'acqua ha una capacità quasi costante, e però si usa sceglierla in fisica per unità. La sua capacità è massima. Ad es., se con 1 si rappresenta la capacità dell'acqua, abbiamo fin 0° e 100° e per diverse sostanze:

Mercurio	0.033
Platino	0.034
Ferro	0.110
Carbone	0.250
Alcool (dens. 0.79)	0.620

La grande capacità dell'acqua per il calore e la precipitazione del vapore acqueo, che era evaporato, sono le cause per le quali le differenze fra le temperature dell'estate e dell'inverno sono di tanto maggiori di quanto più ci allontaniamo dalle coste del mare o anche dai grandi specchi d'acqua.

Ed in vero, benchè la capacità calorica dell'acqua sia massima, cioè benchè in estate sottragga all'aria una grande quantità di calore, pure l'acqua con grande lentezza riscaldasi e con grande lentezza perde il calore assorbito. Di qui le ragioni fisiche delle piccole differenze fra i massimi e i minimi di temperatura nell'estate e nel verno nei climi insulari. L'acqua ha per effetto di abbassare la temperatura in estate e di rialzarla nel verno. L'evaporazione, che si forma alla superficie degli specchi liquidi, concorre alla condensazione del vapore acqueo e alle nubi, le quali alla loro volta divengono riparo alla radiazione notturna. Di più, quando avvengono le precipitazioni (pioggia), il calorico latente dei vapori precipitati diviene libero. Quest'insieme di ragioni giustifica la dolcezza relativa del clima dell' Inghilterra e specialmente delle coste occidentali di essa. I venti di SO, tanto frequenti nel verno sulle isole Britanniche, provengono dall'Atlantico carichi d' umidità ; è aria calda ed umida, la quale rende così plumbeo il cielo inglese nel verno, ma le copiose precipitazioni, insieme all'aria marina, tengono alta la temperatura ed abbiamo a:

	Inverno	Estate	Escursione
Färoer	3°.9	11°.6	7°.7
Shetland	4. 1	11. 9	7. 8
Edimburgo	3. 5	14. 1	10. 6
Aberdeen	3. 4	14. 6	11. 2
Londra	3. 2	16. 8	13. 6

le quali escursioni sono veramente proprie dei climi insulari o almeno moderati. Se noi invece cominciamo ad addentrarci nel continente europeo, cioè se scegliamo stazioni continentali e dell'interno, cessando le cause che abbassano la temperatura nell'estate e la tengono alta nell'inverno, ci incontriamo nei climi che mano mano diventano *eccessivi*.

	Inverno	Estate	Escursione
Bruxelles	2°.6	19°.0	16°.4
L'Aja	3. 5	18. 6	15. 1
Parigi	3. 6	18. 0	14. 4

e come tipi europei ed asiatici di clima eccessivo possiamo citare:

Pietroburgo	— 8. 7	16. 0	24. 7
Mosca	—10. 2	17. 6	27. 8
Irkutsk	—17. 9	16. 0	33. 9

Si paragoni ora per un momento la temperatura media di inverno e di estate di Londra e di Mosca.

	Latit.	Altit.	Differenza
Londra	51°33′	37m	*inverno;* L — M + 13°.5
Mosca	55 46	160»	*estate;* L — M — 0. 8

Digitized by Google

cioè Mosca ha estate in media di quasi un grado più elevato di Londra, mentre nell'inverno la differenza delle due temperature arriva al valore di + 13°.5.

Se gli accademici di Francia, all'epoca del despotismo di Bonaparte, gli avessero presentato una memoria climatologica sulle differenze degli inverni in Francia e nel cuore della Russia, chi sa che il primo Napoleone avesse riflettuto un po' meglio sulla potenza delle forze della natura, la quale prima di Blücher si diede carico di stremire il violentatore di uomini e di cose.

La ragione dei climi eccessivi è assai ovvia. I paesi lontani dai mari ricevono minore condensazione di vapore acqueo; la irradiazione notturna raffredda possentemente terreno ed aria; nelle alte latitudini i giorni cortissimi non compensano la perdita notturna nel verno, mentre nell' estate la lunghezza del giorno e la maggiore trasparenza dell'aria, per difetto di vapore acqueo, riscalda suolo ed aria, d'onde gli estati elevati in paragone dei freddissimi inverni.

E l' azione del mare non si estende di assai nel continente, specialmente quando vi si interponga una catena di montagne, sulla quale precipitasi il vapore acqueo, che sovente diverrà neve, se la catena è alquanto elevata, oppure se è elevata la latitudine.

Un esempio luminoso ci offre la costa norvegiana, umida e relativamente calda nell'inverno, mentre, appena si oltrepassano le alpi scandinave, il clima cambia affatto carattere.

	Gennaio	Luglio	Anno
Mandal .	—0.6 . .	14.9 . .	6.6
Scudesnes	1.1 . .	14.1 . .	7.1
Bergen .	0.8 . .	14.5 . .	6.9, mentre

Stoccolma, che è al sud di Bergen, ma 13° all' est ha —3°.7 in gennaio.

Questa diversa distribuzione del clima fra l'alta Europa occidentale ed orientale conserva lo stesso carattere, naturalmente meno accentuato nell'Europa media, come si può rilevare dal paragone fra le temperature jemali ed estive delle coste occidentali della Francia, dell' interno della Germania e della monarchia Austro-Ungarica.

Nell' Europa meridionale invece internasi il bacino del mare Mediterraneo da Gibilterra allo sbocco del Don. Questo celebre bacino, che fu culla della vera civiltà, di cui approfittarono Europa ed America moderne, questo bacino ha una influenza benefica sotto molteplici riflessi per l'Europa meridionale, e

le dolcezze del clima di essa in generale devonsi a quello che, mentre toglie affatto il carattere di clima continentale all'Europa meridionale, modera l'azione calorifica della vicina Africa.

Le catene di montagne ed in generale i dislivelli di terreno hanno, come dicemmo per la Norvegia, un peso notabile a modificare le curve della temperatura. Una catena di montagne è in generale un ostacolo all' andamento normale delle superfici aeree di eguale densità. Se una catena si interpone fra il mare e il continente, lasciando in certo modo una striscia di terreno sub-montana, questa assumerà un clima tutto affatto speciale per la sua ubicazione. Chi paragonerebbe mai il clima di Genova con quello di Alessandria? Chi paragonerebbe il clima di S. Remo con quello di Cuneo? Eppure queste località sono rispettivamente vicine. Ma la ragione della bontà del clima della riviera ligure, o diremo meglio del suo carattere meridionale, sta appunto nell'avere a ridosso gli Appennini e di fronte l' ampio mare.

La valle padana da Cuneo a Venezia è nota per la rigidità de' suoi inverni e per la eccessiva temperatura delle sue estati. Or bene, ciò dipende per essere essa incassata in certo modo fra due catene di montagne, per avere due serbatoi frigoriferi nel verno negli Appennini e nelle Alpi, e quindi una temperatura straordinariamente bassa per la sua latitudine, e solo Venezia ha clima migliore per la felice sua postura prossima al mare e in mezzo ad un grande specchio d' acqua (laguna).

La presenza quindi di montagne, se è sempre, come vedremo in seguito, causa di abbondanza nelle precipitazioni, non è sempre causa di abbassamento di temperatura sul valore normale corrispondente all' isoterma o isochimena teorica. Bisogna tener conto di tre cose: 1°. se la montagna intercetti il mare o il continente; 2°. se l' orientamento delle sue valli sia nella direzione dei venti dominanti; 3°. se l' orientamento dell' intero sistema sia a N. a S. ad E. o ad O. Per diversi luoghi della Terra, queste diverse condizioni producono effetti anche opposti, come non è difficile convincersene nello studio della climatologia in particolare.

Non v'è bisogno di dire quale influenza abbia per una sottostante regione e pianura la vicinanza di montagne assai alte. In queste possiamo avere le nevi perpetue, ed allora

Digitized by Google

l'aria, che si precipita nella pianura, obbligata a passare sopra di esse, viene depauperata del suo calcrico per la presenza della neve, e giunge sempre più fredda di quello che non sarebbe giunta, se la neve avesse mancato. Anche quì occorre un'altra importante distinzione sul limite inferiore delle nevi perpetue, giacchè, avvicinandoci alle regioni polari, tale limite corrisponde ad altezze piccolissime e progredendo verso il polo ad altezze nulle, e però montagne relativamente basse, ma lontane all'equatore, possono sottrarre all'aria eguale e maggiore quantità di calorico di montagne altissime, ma nella zona intertropicale.

La seguente tabella sul limite inferiore delle nevi perpetue è tolta dall' Hann, dietro i lavori di Berghaus nell'Annuario geografico di Behm.

Ande	(Quito)	Lat.	0°	limite inf.	4800m	temp. med. 1°.0 C.
Imalaia	(lato Indiano)	»	30	»	4940	0. 5 »
	(lato del Tibet)			»	5670	—2. 8 »
Alpi Medie e Occ.		»	46	»	2700	—2. 8 »
Alpi Tirolesi Centrali		»	47	»	2820	—3. 8 »
Hornsund (Spitzberg)		»	77	»	460	—10. 0 »

Il genere di roccia o di terreno sul quale incidono i raggi solari, dopo attraversata l'atmosfera, è un' altra causa atta a modificare le curve di temperatura. Quì si apre il campo all'azione delle vegetazioni sui climi. È un curioso problema, che si direbbe il reciproco di quello più naturale dell' azione del clima sulla vegetazione. Ma giova distinguere la grande vegetazione, che occupa sterminate regioni, dalla flora propriamente detta caratterizzata da piante speciali, che ottengono un completo sviluppo in questa o in quell' altra plaga. Il grande deserto di Sahara, privo di vegetazione e quasi integralmente sabbioso, dardeggiato da un sole zenitale, è un possente focolare, che assorbe di giorno calorico ed infuoca le sue arene, rarefacendo gli strati d'aria che gli sovrastanno, i quali, fatti specificamente più leggeri, debbono salire per dar posto a correnti laterali, che alla loro volta debbono seguire la medesima e perenne legge; quì mancano gli specchì d' acqua, quì l'evaporazione non ha luogo e le precipitazioni sono rare, accidentali e di trasporto. I deserti dell'Africa hanno un' estensione enorme, un po' meno del triplo del Mediterraneo. In Asia abbiamo le *steppe* dalla muraglia della China al lago di Aral, al sud dell'Altaï, per una lunghezza di più di 2000 leghe da 4000 metri l' una, elevate al di sopra del livello del mare ed unite come un mare, coperte o di piante ordinarie o selvagge oppure di efflorescenze saline. I *llanos* del Venezuela, che paiono ora deserti nudi, ora coperti di verdure come quelli dell' Asia centrale, per 20000 leghe quadrate, i *pampas* dell' America del Sud con un' area tripla dei *llanos*, e le savane dell'America del nord completano quelle grandi estensioni di terreno, capaci di modificare le curve della temperatura. Sarebbe assai lungo analizzare la diversa azione nelle diverse stagioni di queste immense estensioni di terreno sui climi proprì e delle regioni circostanti; nonchè far vedere come la loro esistenza sia la causa prima d'una condizione di cose dal punto meteorologico, che non esisterebbe sulla Terra, se non vi fossero dette sterminate regioni così costituite. Di esse peraltro dovremo far cenno, dovendo ora parlare dell' azione dei venti.

Non è in questo capitolo che dobbiamo trattare della teorica dei venti, essendo riservato altro posto ad essa; solo dobbiamo accennare i fatti in relazione alla climatologia.

La diversa temperatura (densità) dell' aria nelle zone intertropicali, nelle temperate e nelle polari è la causa della circolazione aerea; però il fenomeno è tutt' altro che semplice, come si pensava molti anni addietro; esso invece è assai complesso in causa delle continue modificazioni che avvengono nell' ambiente aereo, ed è soltanto dall' insieme di uno sterminato numero di osservazioni, che si può formulare un concetto dinamico medio, che dal dinamico vero nei singoli anni può per avventura notabilmente allontanarsi. I venti alisei del grande oceano e dell' oceano Atlantico spirano in mezzo al mare da N. E. fra + 29° e + 8° e da S. E. fra + 3° e - 28°. Questi numeri oscillano assai secondo le stagioni, e così pure la regione delle calme equinoziali, le quali nè sono assolutamente continue anche in mezzo al mare, nè lungo costa realmente esistono, giacchè l'influenza dei continenti modifica enormemente gli alisei costiali, cambiandoli in altri venti (venti speciali di costa).

Nel mare Indiano i deserti dell'Africa, l'Arabia, la Persia e l'altipiano dell'Asia centrale concorrono a quella inversione degli alisei o per-

Digitized by Google

turbazione nella loro direzione ed intensità, che fece denominare que' venti *monsoni,* o venti di stagione (1). Le differenze di temperatura fra la terraferma ed il mare, la ubicazione, configurazione e natura del suolo sono le cause dei *monsoni.* Dal mese da ottobre fino all'aprile domina nell'emisfero australe l'aliseo di SE, e al nord dell'equatore quello di NE, ed in mezzo ad ambedue troviamo quasi sempre la regione delle calme. Quì il fenomeno è normale, giacchè nel sud dell'Africa abbiamo la massima temperatura, la minima nell'altipiano dell' Asia. Allorchè la declinazione del sole si fa boreale e crescente, eguagliasi la temperatura dei due grandi continenti, ed abbiamo i venti variabili nell'Indiano boreale e le classiche burrasche di stagione, ed è soltanto nei mesi di luglio ed agosto che, infuocandosi l'altipiano dell'Asia centrale e raffreddandosi l'Africa del sud e il continente Australiano, accentuasi il monsone di SO, sempre nell'emisfero boreale, cioè in quella parte dell'Indiano influenzata dalla diversa temperatura dei continenti. Dunque, concludendo, noi troviamo che nell'emisfero australe spira tutto l'anno l'aliseo di S.E. mentre nell'Indiano boreale abbiamo il monsone di N.E. in inverno e il monsone di S. O. nell'estate.

Nel cangiamento poi della direzione dei monsoni, cioè dal marzo al maggio abbiamo, come dicemmo, le burrasche celebri dell' Indiano.

Il poco che abbiamo detto mostra ad evidenza come siano complessi i fenomeni climatologici e come sia difficile separare gli effetti dalle cause. I venti dipendono dalle diverse temperature, ma alla lor volta sono la causa modificatrice della temperatura di regioni vicine ed anche lontane. Essi trasportano da un punto all'altro della Terra quantità diversissime di vapore acqueo, lo distribuiscono con leggi complesse e perennemente modificantisi. Queste masse di vapore acqueo alla lor volta determinano, colla maggiore o minore loro quantità, la serenità e la nebulosità, la siccità e le precipitazioni.

In causa della circolazione aerea sotto i tropici le correnti superiori devono essere di ovest, ed esse alla loro volta, perdendo di temperatura e di velocità, devono convertirsi nell'emisfero boreale e in mezzo al mare in venti di S.O. d'onde la facilità dei viaggi dall'America all'Europa, navigando sull'Atlantico in latitudini intorno ai 40°. Senonchè l' aliseo di N.E. si sposta assai colle stagioni ed in estate si avanza molto verso il nord, e nella zona di scambio abbiamo o le calme dette del tropico del Cancro o meglio, e più esattamente, delle regioni dove si alternano le calme colle burrasche.

I venti etesii degli antichi nel Mediterraneo sono monsoni locali dovuti al riscaldamento del deserto dell'Africa nella state (correnti di nord) e alle irradiazione notturna del verno (correnti di sud). Le brezze di terra e di mare corrispondono allo stesso fenomeno e caratterizzano i climi costiali, specialmente nella state. Indentica spiegazione trovano altri venti locali e costiali, alcuni anche celebri (harmattan, samum, leste, ecc.). Nelle zone temperate poi, diminuendo le azioni di contrasto così accentuate nella densità (temperatura) dell'atmosfera della zona torrida, assistiamo a venti variabili collegati peraltro colla circolazione generale e che più o meno risentono di quella. Se nella massima generalità notiamo alcunchè di regolare nei venti, che spirano in mezzo agli oceani delle zone temperate, nei continenti invece le variabilissime influenze locali danno origine a venti variabili, strettamente collegati colle burrasche.

Quest' ultima parola ci conduce a parlare delle depressioni barometriche, come cause modificanti lo stato termico teorico d'una regione. Quì è opportuno far notare che una variazione nella pressione barometrica è un semplice effetto di variata densità nella colonna d'aria, che sovrasta ad un barometro, e però sono fuor di via gli studi separati dei movimenti delle depressioni e delle alte pressioni, se non si collegano, come del resto si fa oggidì, collo studio della variazione della quantità del vapore acqueo e della temperatura. Tutti i fenomeni che avvengono nella nostra atmosfera dipendono almeno da tre variabili: stato igrometrico, stato termico, stato elettrico. La grande difficoltà di coordinare gli studi meteorologici al fine ultimo che si prefiggono, quello cioè della predizione del tempo, sta nella spaventevole numero di stati diversi che possono prendere quelle variabili sotto l'influenza di circostanze che per la massima parte non sappiamo prevedere. Lo studio isolato dello stato barometrico (isobare) elimina le difficoltà, a quella guisa che gli Accademici del Cimento col pendolo bifilare eliminarono la difficoltà del cangiamento del piano di oscillazione del pendolo, lasciandosi sfuggire la più splendida scoperta di meccanica teoretica del nostro secolo, il pendolo di Foucault.

(1) Vedi nel capit. dei *Movimenti aerei.* a p. 789 e 804.

Digitized by Google

Non è il luogo quì di parlare dei diversi stati medi della pressione nelle diverse fascie di paralleli dalla Terra; vogliamo solo accennare che, se delle depressioni tendono a percorrere frequentemente determinate vie, i cangiamenti che esse apportano sul clima de' luoghi che percorrono influiscono a modificare lo stato termico teorico di que' luoghi per prevalenza di nebulosità e di precipitazioni, nonchè di venti speciali (trajettorie dei cicloni). Lo studio quindi delle isobare in climatologia può certamente essere assai efficace, quando sia collegato collo studio degli altri elementi meteorici. Passiamo ora a dire qualche cosa di altri elementi del clima, i quali, se da un lato si possono ritenere, come sempre abbiamo fatto, cause perturbanti lo stato termico teorico, sono poi alla loro volta veri fattori climatici d' una regione, come sono alcuni altri che abbiamo da prima considerato. Voglio parlare della serenità, della nebulosità e delle precipitazioni.

Abbiamo in principio detto che la trasparenza (serenità) dell'atmosfera e la nebulosità influiscono in modo straordinario sulle facoltà morali ed intellettuali dell'uomo, e però uno studio comparativo di detti fenomeni colle manifestazioni umane sarebbe oltre ogni dire efficace, e renderebbe edotto il pensatore di alcuni fatti psichici e di alcune produzioni proprie ad alcune razze e ad alcune regioni. L'attitudine a poetare, l'intuizione per la musica, ed in generale per le arti belle ed inspiratrici, di rado incontransi, in tesi generale, ne' paesi di cielo uggioso, caliginoso, freddo, piovoso. Lo spettacolo della natura invita alla contemplazione, all'estasi; agita le fibre dell'anima e crea l'arte. La sublimità della Grecia nelle arti belle non è certo disgiunta dagli incantevoli suoi cieli e dalle bellezze della sua natura.

La carta ietografica della superficie della Terra, quantunque non completa, ci istruisce in molte cose. Dalla carta del Loomis vediamo che in tutta l'Africa settentrionale, dal parallelo 35° al parallelo 20°, o piove quasi niente, oppure cadono meno di 251^{mm} all'anno; di quì i venti caldi ed asciutti di sud, che non di rado spirano dall'Africa verso la Sicilia, i quali possono estendersi fino al fondo dei golfi di Genova e di Venezia, caratterizzati col nome generico di venti di scirocco, da non essere confusi col vento ordinario di SE, non disgiunto in generale da nebulosità e precipitazioni, e che si manifesta in Italia ogni qualvolta esiste una bassa pressione sull'alto Tirreno. L'altipiano dell'Asia centrale, l'Arabia e la Persia, nonchè qualche regione dell'Australia, scarseggiano assai di pioggia, presso a poco come il Sahara. Vi sono invece delle regioni della Terra sulle quali la quantità d'acqua che cade è straordinaria. Sono celebri le pioggie sulle coste settentrionali ed orientali del golfo di Bengala col monsone di SO, che trasporta masse enormi di nubi per eccesso d'umidità nell'attraversare l'oceano Indiano. A Scerrupungì (Cherapunji), come vedemmo, cadono in media m 12 $\frac{1}{2}$ d' acqua all'anno durante il periodo da maggio ad ottobre. In nessun altro luogo della terra piove di più.

Dopo il golfo settentrionale ed orientale del Bengala, collo stesso sistema di vento e nel medesimo periodo dell'anno, abbiamo una regione eccessivamente piovosa lungo la costa occidentale dell' Indostan, nonchè nelle isole generalmente montuose dei possessi Neerlandesi. Anche nell'Africa, lungo il golfo di Guinea ed in una regione al nord dei laghi, abbiamo pioggie eccessive, dipendenti evidentemente dalla regione delle calme equinoziali e per l'interno dell' Africa anche dalla vicinanza degli specchi d'acqua lacustre.

L'America centrale e parecchie parti della meridionale, specialmente la costa del Venezuela, sono celebri per i rovesci d'acqua in quelle epoche dell'anno, nelle quali sono più frequenti i cicloni.

In Europa dobbiamo distinguere la parte di NO. e centrale dalle altre parti. Nella prima, per quello che dicemmo altrove, le precipitazioni (specialmente in Inghilterra) sono abbondanti; invece nelle steppe del Niemen, della Vistola, nella Russia e nella Svezia orientale sono scarse.

L'Italia deve essere classificata nella categoria delle regioni sulle quali scarseggia il metro d'acqua all'anno. Questo modo di dire e per l'Italia ed in generale per tutte le regioni accidentate e sottoposte a climi diversi, anche se vicine, va inteso con discrezione.

Non è questo il luogo di entrare in argomenti di climatologia parziale. In quest' opera ed a suo tempo sarà detto della climatologia italiana; soltanto quì di volo accenniamo che, da quel poco che si sa di jetografia alpina propriamente detta, piove e nevica sulle vette delle Alpi in modo da dover ritenere che in un anno si possano raccogliere da 1800 a 2000^{mm} d'acqua, tanto è vero che le provincie di Udine e di Belluno dànno intorno al metro e mezzo d'acqua.

La valle del Po nel Lombardo-Veneto

Digitized by Google

fornisce circa 800mm, mentre la pianura sulla destra del fiume è più scarsa e dà dai 600 ai 700mm. Piovosa la Liguria orientale, la Toscana montana e l'Umbria, quasi da eguagliare le provincie di Udine e di Belluno, mentre la Sicilia orientale, e più di tutto la Sardegna dà acqua in piccola quantità (circa 450mm). In tesi generale, piove più al monte che al piano, più lungo sulla costa che nell'interno della pianura.

L'influenza dei continenti sull'umidità dell'aria, sulla nebulosità del cielo e sulle precipitazioni in generale riesce manifesta per tutto ciò che abbiamo detto prima. I venti umidi e caldi, che raggiungono con predilezione (per le cause generali della distribuzione della temperatura sulla superficie della terra) una costa, dopo aver attraversato l'oceano, sono apportatori di clima mite, di nebulosità e di pioggie (vedi Europa NO, specialmente nell'inverno). Se si possiede d'una vasta regione la serie dei giorni sereni e coperti, è possibile determinare il p °/o per es., della nebulosità, e costruire in tal modo le *isonefe*. Questa ricerca cartografica è assai fruttifera; se col Renou, citato dall'Hann, esaminiamo le linee isonefe dell'Europa, noi troviamo, ad es., che il 65 p °/o di giorni coperti in un anno è una curva che passa per il capo Finisterre, per Parigi, per Berlino e quasi per Pietroburgo: il che significa errare assai coloro che credono essere nebuloso di molto il clima russo. I venti di O. e di S.O. dell'Atlantico depongono la loro umidità sulle coste occidentali dell'Europa, e, o non giungono in Russia, o vi giungono asciutti. Le isonefe sono adunque curve irregolari e che meno assai delle isoterme seguono l'andamento dei paralleli; soltanto nell'Europa meridionale tendono ad allinearsi con quelli, ma ciò è assai ovvio in causa della larga fronte che presenta l'Africa a tutta l'Europa meridionale e dell'insinuarsi che fa il mare Mediterraneo fra terra. Uno studio peraltro di particolari anche per le isonefe, come si può fare per le isoterme e le isojete, accerta una grande irregolarità di detto elemento, anche in una zona ristretta.

Queste irregolarità si accentuano vieppiù se, in luogo di studiare le curve isonefiche annuali, studiamo le curve isonefiche per stagione, anche in una ristretta regione, ma accidentata e capace per sè sola di essere generatrice o altrice di meteore. Prendiamo, ad es., l'Italia. Da noi la parte meridionale si distingue in generale in due climi annui, asciutto da aprile a settembre, ed umido da ottobre a marzo. Il per °/o della nebulosità nei mesi di giugno, luglio, agosto, e parte di settembre è paragonabile a quello delle regioni della Terra dove la serenità è quasi perenne, mentre il per °/o del periodo da ottobre a marzo è quasi come quello dell'Inghilterra. Al nord invece la frequenza dei temporali nella valle padana perturba la serenità estiva; per di più abbiamo in generale nell'anno due massimi di pioggia e di giorni piovosi, e però uno fra i mesi più sereni dell'alta Italia, o almeno uno fra i mesi meno piovosi, è il febbraio.

Se l'uomo è per la massima parte passivo di fronte alle dolcezze ed ai rigori dei climi, pure non lo è del tutto. La sua intelligenza può, fino ad una certa misura, portare qualche modificazione al clima d'una data regione, purchè essa sia ristretta. I lavori di prosciugamento o di inondazione, se fatti su larghissima scala, possono modificare favorevolmente o sinistramente il clima delle regioni finitime. Se una parte o tutto il deserto di Sahara si potesse irrigare, coprire di humus e renderlo produttivo, il clima dell'Italia certamente sarebbe modificato, specialmente per la temperatura. Questo esempio ideale può trovare, ed ha trovato, la realtà in una scala estremamente più piccola ed in più luoghi della Terra. Ed invero fra gli elementi del clima non si può certamente tacere della salubrità ed insalubrità dell'aria, o in altre parole delle regioni miasmatiche e amiasmatiche. La putrefazione di sostanze animali, e specialmente vegetali, in terreni umidi sembra essere la causa vera degli infiniti miasmi, che sotto forme molteplici infestano il mondo animale, ed il lavoro dell'uomo per tentare di rendere sane regioni insalubri è una vera azione della sua intelligenza a modificare il clima d'una regione.

Sovente peraltro l'uomo, o per semplice cupidigia o per ignoranza, si oppone all'opera della natura e spesso a suo danno; così, ad es., il rapace diboscamento distrugge l'*humus* montano e fa precipitare torrenti d'acqua e di neve fusa lungo le pendenze dei monti, portando inondazioni disastrose, che avrebbero potuto essere evitate. I boschi montani, oltre regolare le pioggie, porgono un ostacolo alla propagazione dei venti, e per il semplice fatto d'un esteso diboscamento si può alterare parzialmente il clima d'una regione vicina e sottostante.

Io credo che, al punto nel quale ci troviamo di questa rapidissima esposizione di climatologia generale, sia opportuno racco-

Digitized by Google

gliere in pochi periodi le cose dette, per poter continuare con maggiore sicurezza nell'ultima parte di questa breve esposizione e, per imprescindibile necessità, assai imperfetta.

Siamo partiti dal concetto geometrico di clima e siamo passati allo studio dell'elemento termico, quale dovrebbe essere nell'ipotesi d'una Terra composta d'un solo fluido omogeneo sotto l'aspetto fisico. Il concetto teorico fu paragonato colla realtà delle curve isoterme, isotere ed isochimene. Fummo allora costretti ad esaminare quali siano gli elementi che concorrono a modificare sì profondamente il primo concetto e dovemmo quindi rapidissimamente studiare i singoli fattori del clima fisico. Vedemmo che in generale tutti i fenomeni che avvengono nei climi trovano la loro origine in una proteiforme mutabilità dello stato igrometrico e termico dell'atmosfera. Senonchè, difficilmente in tanta perturbazione separasi la causa dall'effetto, ed è opportuno per semplificazione di studio sovente accettare un effetto come causa di altri fenomeni. Così noi facciamo dipendere spesso lo stato del cielo e la temperatura e sempre il vento da una depressione, che non è che un sintomo di cangiata densità atmosferica in una regione per cangiato stato igrometrico e termico. Ci resta ancora peraltro da trattare del clima sotto l'aspetto della distribuzione generale degli oceani sulla Terra, e quindi dell'influenza delle correnti marine sulle modificazioni alle linee di temperatura ed alle isonefe ed isojete.

Ed è a bella posta che ci siamo riservati a trattare da ultimo questa parte così importante di climatologia, giacchè abbiamo accennato a pag. 873 all'esistenza di cause secolari ed astronomiche capaci di modificare lentissimamente i climi, e si vedrà assai presto che era appunto conveniente di trattare da ultimo l'argomento, che ora ci occuperà.

Nello stato attuale della superficie del nostro pianeta, la terraferma è all'elemento liquido come 100 a 270. Senonchè, la distribuzione delle terre è costipata nell'emisfero boreale, giacchè dal parallelo 40° S. fin verso il polo antartico la superficie della Terra è ricoperta quasi del tutto dalle acque; l'emisfero australe è adunque essenzialmente oceanico. Inoltre, fra le coste orientali del mondo antico e le occidentali del nuovo regna un immenso oceano, che sotto i tropici abbraccia ben 145° di longitudine. L'immensa estensione della superficie della Terra occupata dalle acque fu ed è una delle azioni principali dei lenti e poco sistematici progressi della meteorologia.

Gli studî di questa, fino a quasi alla metà del nostro secolo, furono ristretti ad una piccola frazione di un quarto della superficie della Terra, e di quel quarto sul quale le anomalie si accentuano in modo da crederle leggi, giacchè è appunto il quarto della superficie che è continentale. Soltanto allorquando si ebbero elementi di osservazioni meteorologiche fatte nelle isole oceaniche e a bordo dei velieri, soltanto allora si gettarono le basi della meteorologia dinamica, nella quale resterà sempre immacolata la fama del commodoro Maury, anche se molteplici sue vedute furono o saranno per essere rifiutate. Egli è indubbio che la meteorologia dell'emisfero australe, specialmente dal parallelo 40 verso il polo sud, deve presentare una regolarità di leggi da formare uno strano contrasto colle anomalie dell'emisfero settentrionale, specialmente dell'Asia orientale e dell'Europa. Senonchè le nostre cognizioni in questa parte del globo sono immensamente scarse, nè possiamo asserire con sicurezza delle estensioni dei continenti o delle isole, di cui abbiamo notizie scarse dal circolo polare antartico verso il polo sud. Appena conosciamo gli orli delle terre di Wilkes, di Graham, di Vittoria, e passerà molto tempo prima di essere in caso di parlare della meteorologia delle regioni polari antartiche. Le poche cognizioni che abbiamo o derivano da intuizioni per osservazioni fatte a latitudini australi abbastanza avanzate, oppure dalle osservazioni di sir James Ross negli anni 1840-43.

Egli è certo che, a parità di latitudine, è molto più freddo l'emisfero australe dell'emisfero boreale, specialmente nelle alte latitudini. Ross dà a 40° S. di latitudine per media estiva (dicembre a marzo) — 0°.9 e per febbrajo fra 75° e 78° di latitudine sud — 4°.4. Non esiste sulla Terra una media estiva così bassa in alcun altro luogo, neppure fra i più elevati sopra il livello del mare nei quali si fecero osservazioni. Ciò peraltro non ci autorizza a pensare che le medie jemali dell'emisfero australe circumpolare debbano essere molto più basse delle corrispondenti nell'emisfero boreale, giacchè l'azione degli oceani è quella di diminuire le differenze di temperatura fra l'estate e l'inverno.

Ma se dolorosamente oltre il parallelo 66° S. la temperatura è destinata ad essere tutto l'anno sotto zero, le ricerche future in questa

Digitized by Google

parte inesplorata del globo saranno lentissime e difficili. E che infatti così debba essere lo deduciamo dallo spingersi dei ghiacci in paralleli incredibilmente bassi; così non mancarono osservazioni di blocchi di ghiaccio fino al parallelo 35° S., che è quello all'incirca del capo di Buona Speranza. Vi è una possente ragione astronomica, per la quale l'emisfero australe è più freddo del boreale, la durata minore del sole nell'emisfero australe che non nell'altro (1). Facciamo un esempio: nell'anno 1884 l'intervallo in giorni medî fra il principio delle primavera ed il principio dell'autunno è di 186g 10^{ore} 36^{m}, e fra il principio dell'autunno e quello della primavera del 1885 l'intervallo è di 178g 19^{ore} 9^{m}. La differenza fra questi due numeri è di circa 8 giorni, cioè il sole ha declinazione boreale per 8 giorni di più in un anno che non abbia declinazione australe. La lentezza colla quale l'acqua assorbe la temperatura, combinata con questa differenza di tempo, rende conto fino ad un certo punto del rigore del clima delle latitudini australi. Ma vi è qualche cosa di più.

Le perturbazioni dell'equilibrio delle acque o sono irregolari e casuali, e dipendono allora dai venti, o sono regolari, periodiche e sottoponibili all'analisi e dipendono dalla differenza dell'attrazione luni-solare sul guscio solido e sull'inviluppo liquido della superficie terrestre (maree). Vi è peraltro una terza categoria di perturbazioni nell'equilibrio delle acque, la quale, mentre è permanente negli effetti, è variabile assai nella intensità di questi; vogliamo accennare alle *correnti marine*. Mentre le maree esistono in tutti i mari considerevoli, le correnti marine hanno una localizzazione speciale.

Quali sono le cause delle correnti marine, cotanto importanti, specialmente in passato, per i commerci trans-oceanici e per la climatologia delle contrade vicine alle coste? Le cause sono molteplici ed assai complesse. Primieramente la propagazione dell'ondata (oscillazione) mareosa intorno al globo in un giorno lunare, ma questa causa deve essere considerata come puramente meccanica, cioè come una componente; lo stesso dicasi della durata e della forza dei venti regnanti. La vera causa fisica è la variazione del peso specifico delle acque per la latitudine, la temperatura, la profondità, il grado di salsedine e le variazioni orarie nella pressione barometrica, tanto regolari fra i tropici. L'immagine più esatta che si possa dare delle correnti è quella di paragonarle a veri fiumi nel mare. La grande corrente equatoriale fra i tropici percorre circa 10 miglia in 24 ore, quantità non ragguardevole, ma che non isfuggì all'occhio acuto di Colombo, che si espresse col dire che le acque vanno come il cielo da est ad ovest. Le correnti trasportano le acque calde verso le alte latitudini, oppure le fredde verso l'equatore.

Non mi è permesso, per limitazione di spazio e per non uscire dal tema, di entrare nei particolari tanto interessanti delle correnti, di parlare della contro-corrente equatoriale, della profondità a cui giungono le acque calde e fredde, ma mi è necessario di dire qualche cosa del Gulf-stream.

La corrente equatoriale dell' Atlantico si comincia ad incontrare al parallelo 10° S. al meridiano circa di Greenwich, si ramifica verso le coste dell'America meridionale, formando la corrente calda del Brasile, che va fino alla Terra del Fuoco. Questa corrente calda, in pieno contrasto colla corrente fredda di Humboldt, che dall'altra parte dell'America corre verso il nord fino al Perù, rende conto della diversità di clima delle due coste dell' America meridionale fino al parallelo 10° S. Un altro ramo della corrente equatoriale gira le coste dell'America equinoziale, il golfo del Messico (d'onde il suo nome), la penisola della Florida, per poi mantenersi per un tratto parallela e disgiunta dalla corrente fredda e del Labrador, che è più costiera. Di quì le celebri brume dei banchi di Terra Nuova. La Gulf-stream poi si slancia in pieno Atlantico, getta un corto ramo a S. O. della Groenlandia, ma il grosso della corrente lascia ad occidente la corrente polare e passa vicinissima all' Irlanda, alle Ebridi e alla Norvegia, concorrendo in modo essenziale coi venti di S. O. a rendere mite, brumoso e piovoso il clima di quelle regioni, come a suo tempo e più volte dicemmo.

Nè si arresta la Gulf-stream alle coste di Norvegia, ma si protende più al nord fin quasi al parallelo 77° N.; un ramo giunge fino al gruppo delle Spitzberghe e ne investe la parte meridionale; un altro ramo va fino a mezzo Oceano Glaciale fra le Spitzerberghe e la Novaja Semlja.

Il problema della navigazione polare del nord è strettamente collegato col corso ultimo di questa corrente, le cui ramificazioni estreme sono variabili certamente da anno ad anno. Non deve destare alcuna meravi-

(1) Vedi in proposito a pag. 195 dell'opera.

Digitized by Google

glia se i rapporti dei navigatori sugli impedimenti e sugli arresti intimati alle navi dai ghiacci sono discordi anche per le stesse località da anno ad anno. Deve invece maravigliare che il problema d'un mare libero di ghiaccio intorno al polo sia stato considerato da qualche teorico come una questione da sottoporre all'analisi matematica, previe certe ipotesi; le condizioni del problema sono troppo complesse ed indeterminate, e le restrizioni richieste per l'applicazione dell'analisi tolgono a quello ogni carattere di verosimigliante soluzione, come l'esperienza ha dimostrato.

Un' altra corrente, che ha una notabile influenza sul clima del Giappone e del N. O. d'America, e che è una corrente calda, è la Curo-Sivo (Corrente Nera), la quale ha una figura (per una parte almeno) simmetrica al Gulf-stream. Ed invero la normale corrente equatoriale trova un ostacolo nelle Filippine, come la Gulf-stream nelle coste dell'America meridionale. Gira perciò verso N. E. sotto il Giappone, che tutto investe co' suoi rami, lasciando costiera la corrente polare, e poi si riversa lungo la costa occidentale dell'America settentrionale fin quasi al parallelo di 45°.

Sarebbe fuori di proposito il seguire passo passo queste correnti e l' assegnare la loro azione sui climi dei paesi di costa: ciò spetta alla climatologia speciale.

A noi basterà di aver accennato a questi veicoli di freddo o di caldo, a questi specchi d'acqua nell'acqua, capaci di condensare masse enormi di vapore acqueo e di produrre la precipitazione.

Tutte le cose che sommariamente dicemmo fin qui dimostrano quanto complesso sia il problema della climatologia anche generale, e come con difficoltà si possa separare la causa dall'effetto. Nello studio, che ora ci interessa, devesi fare astrazione dal fenomeno occasionale per occuparsi del fenomeno ritmico, ma il limite di separazione di dette due categorie di fenomeni è tutt' altro che determinato. Il temporale, ad es., può considerarsi come un fenomeno occasionale per una data epoca dell' anno, mentre non lo è o per la stessa regione in altri tempi, o per altra regione in uno stesso tempo. Un temporale in Sicilia, a pieno luglio, è un' eccezione da non far conto nel clima di essa, ma un temporale in detta epoca sulle Alpi è ritmico, ed il fenomeno fa parte del clima alpino.

La distribuzione delle isoterme, isotere ed isochimene parallele all' equatore e la generale e costante circolazione aerea ed oceanica sussisterebbero, come dicemmo più oltre, per un globo costituito *ab origine* d'un fluido omogeneo.

Per un globo invece costituito come il nostro, la cui superficie ha una così ineguale distribuzione di terra e di acqua, e le prime sono così accidentate, l' involucro aereo presenta superficie di livello così irregolari rispetto alla figura della Terra da dar luogo e a tutte le accidentalità costanti dei climi e a tutte le variazioni occasionali che si insinuano in dette accidentalità costanti (meteorologia dinamica). È quasi impossibile quindi per il cervello umano abbracciare l' insieme climatologico generale, ma piuttosto conviene, esposti a larghi tratti i fattori dei climi in generale, prendere in particolare esame le regioni della Terra, che possono aggrupparsi per tipi climatici. Di qui si apre la via alla seconda parte della climatologia, che dicesi particolare.

Il meteorologista in tal campo dovrà, ad es, studiare a parte i climi glaciali tanto di nord, quanto di sud, presentando questi caratteri comuni ed indipendenti da climi delle altre regioni. Dovrà considerare poscia il bacino liquido del mare Australe, che non ha riscontro con altra zona della Terra. Indi potrà intraprendere lo studio del clima delle zone tropicali, distinguendolo in due categorie, in clima continentale e clima marittimo.

Per l'Europa potrà considerare l'Europa di N.O., cotanto diversa dell'Europa di N.E. e centrale, e poscia il bacino del mare Mediterraneo e le coste dell'Africa settentrionale. Il clima continentale dell'Europa e dell'Asia è altro tema speciale riservato alla climatologia particolare. L'America settentrionale al sud del circolo polare, colla diversità del suo clima all'est e all'ovest, deve essere trattata a parte, ecc. Tale studio di climatologia particolare trovasi nel classico libro dell'Hann, che raccomandiamo vivamente ai nostri lettori. Dopo la climatologia particolare viene la climatologia d'un luogo, ed è l'ultima suddivisione della climatologia. Certamente è l' insieme delle cognizioni sulla climatologia dei luoghi, che dà i criteri per la climatologia particolare o di grandi regioni; questi poi alla loro volta forniscono gli elementi per le vedute generali di climatologia terrestre.

La climatologia locale domanda i valori medi della temperatura, dell'umidità relativa ed assoluta, della pressione barometrica e della pioggia per anno, per stagioni, per mesi. Do-

Digitized by Google

manda ancora la curva media della serenità e della nebulosità lungo l'anno, richiede le escursioni massime nella pressione, nella temperatura e negli altri elementi meteorici. Esige uno studio sui venti predominanti per direzione ed intensità e sulle diverse precipitazioni, che non siano pioggia.

Per studiare il clima d'un paese è necessario possedere una lunga serie di osservazioni fatte scrupolosamente, ad ore fisse e saggiamente scelte, con istrumenti esenti da errori sistematici, oppure con istrumenti per i quali questi errori sono noti. È necessario possedere almeno mezzo secolo di osservazioni di pioggia, di precipitazioni in general e edi stato del cielo, per ottenere una media che sia la media vera; basteranno da 20 a 25 anni di osservazioni della temperatura ed un decennio di osservazioni per gli altri elementi meteorici.

Al di sotto di questi periodi è inutile tentare, almeno nella zona temperata, di individuare il clima d'un paese.

Ci resta ora, per rendere meno incompleto questo piccolo saggio di climatologia generale, di investigare se vi siano ragioni cosmiche, che lascino intravvedere la possibilità di modificazioni nei climi dei paesi in un avvenire quanto si voglia lontano (1).

Sovente si dice, e questo specialmente da persone che raggiunsero una ragguardevole età, che x, y, z anni fa il clima d'un certo luogo era diverso dal presente: tale osservazione è assolutamente destituita d'ogni serietà, quando si considerino i periodi di tempo prima accennati, come i necessarii per raggiungere il valore esatto nelle medie: noi anzi potremo aggiungere di più. Nulla di veramente notabile ci si presenta per inferire che dai tempi biblici fino a noi i climi abbiano cangiato sensibilmente.

La qual cosa peraltro non vuol dire che essi non abbiano per avventura appena sensibilmente cangiato, dacchè, per decidere esperimentalmente la grave questione, necessiterebbe possedere osservazioni remotissime, mentre possediamo tollerabili osservazioni di due secoli, e buone di mezzo secolo, ed anche queste per pochi punti della Terra. Peraltro la geografia delle piante ci istruisce sufficientemente sulla immutabilità dei climi dalle epoche bibliche fino a noi. Tuttavia i lenti e continui moti di alcune parti della superficie della Terra possono, se continuati nello stesso senso, influire in un avvenire remo-

(1) Vedi il capit. *Temperatura*, a pag. 753 e seg.

tissimo sui climi di alcune regioni, ma la nostra attenzione deve essere rivolta all'astronomia per iscoprire da essa se qualche speciale movimento non possa influire sui climi.

Abbiamo veduto che il sole sta 8 giorni di più con declinazione boreale che non con declinazione australe; la ragione di ciò è ovvia per chi conosce l'astronomia.

La longitudine del perielio dell'orbita della Terra al 1° gennaio 1850 era 100° 21′ 21″5 (Eq. medio detta epoca). La meccanica celeste insegna che rispetto alle stelle la linea degli apsidi dell'orbita della Terra si muove, nello spazio di 1146.″ 38 in 100 anni Giuliani, verso est, e che la precessione generale in longitudine della linea degli equinozii è di 5023′.57 in un secolo verso ovest, cioè il moto della linea degli apsidi, rispetto alla linea degli equinozii supposto fissa, è di 6169″.95 in un secolo, cioè di 1° 42′ 49″ 95; detti numeri non debbono ritenersi assolutamente costanti, ma per il nostro scopo li riteniamo tali (Tav. del Sole di Leverrier). Questo fatto conduce a far variare le epoche nelle quali il sole si trova alla minima distanza dalla Terra e per conseguenza a far variare la differenza fra la durata del sole nell'emisfero boreale e nell'australe, differenza che oggidì è la causa principale, ma non unica, dell'eccesso di freddo nell'emisfero australe sul boreale. In base ai numeri precedenti si può formare la seguente tabella

Epoche	longitudine perielio
2000	102°56′ (Eq. epoca)
2500	111 30
3000	120 4
3500	128 38
4000	137 12
4500	145 46
5000	154 21
5500	162 55
6000	171 29
6500	180 4

Questa tabelletta insegna che intorno al 6500 avrà luogo la coincidenza della linea degli apsidi colla linea degli equinozii, cioè che in detta epoca il sole starà tanti giorni nell'emisfero australe quanti nel boreale; le isoterme quindi dovrebbero in detta epoca essere egualmente distanti dall'equatore, se questa sola causa influisse a modificare i climi dei due emisferi. A partire da detta epoca le condizioni climatiche dell'emisfero boreale peggioreranno per un lunghissimo periodo, senza peraltro raggiungere quelle dell'emisfero australe all'epoca attuale.

Digitized by Google

Un'altra causa astronomica, quella cioè della diminuzione dell'obliquità dell'eclittica, non avrà mai efficacia sensibile sui climi terrestri, giacchè è dimostrato che le oscillazioni del piano dell'eclittica, rispetto al piano dell'equatore, sono piccole e per di più periodiche fra limiti.

Tutto questo peraltro suppone che la sorgente primissima dell'energia termica, elettrica e luminosa, il sole, conservi per un tempo illimitato la sua potenzialità. Senonchè si può logicamente, ma fino ad ora non esperimentalmente, asserire che dette azioni dovranno diminuire, quando cessi la dissociazione delle materie solari nella parte sotto periferica di esso. Verrà giorno, da noi immensamente lontano, che i climi glaciali si estenderanno lentamente su tutta la Terra, e che il mondo animale e vegetale sarà obbligato a morire, mentre il pianeta insciente continuerà i suoi eterni moti, muto spettatore dell'infruttuoso lavorìo di migliaja e migliaja di secoli dell'umanità.

Crediamo di finire nel miglior modo questo piccolo saggio di climatologia coll'inserire una numerosa serie di valori della temperatura media annuale, nonchè di quella di gennajo e di luglio di moltissimi luoghi extratropicali della Terra, togliendo i valori dal libro dell'Hann, e per l'Italia da pubblicazioni dell'Ufficio Centrale di Meteorologia (1). Poscia aggiungiamo alcuni valori di temperatura per paesi fra i tropici con qualche breve considerazione di climatologia particolare; in questa occasione inseriremo alcune temperature estreme sicuramente osservate.

Queste tabelle di elementi termici sono assai importanti, fornendo esse il primo criterio, ma certamente non il solo, per la ripartizione climatica in zone e sub-zone della Terra, il che è tema della climatologia particolare, come abbiamo avuto occasione di dire a pagina 881.

Per opportunità di stampa, dette tabelle trovansi in fine del presente volume e contengono le temperature di gennajo, luglio ed annue di 247 località extratropicali della Terra; l'ultima poi riguarda la temperatura di 26 località intertropicali.

Il modo nel quale abbiamo separato quelle località indica con quale criterio dovrebbesi dividere climaticamente la Terra, seguendo in parte i criterii eccellenti del Dr Hann.

(1) Vedi il **Prospetto XXXIX**.

ZONE E SUB-ZONE CLIMATICHE DELLA TERRA.

1.° Zone Polari
- α Zona antart.
- β Zona artica
  - a Nord continente Asiat. Europeo.
  - b Nord Atlantico.
  - c Nord America.

2.° Zona Australe marittima fra — 65° e — 40°.

3.° America meridionale extratropicale . .
- α Versante occ. litorale
- β Versante orient. (regione dei pampas).

4.° Australia
- α intertropicale
- β extratropicale
- γ insulare

5.° America meridionale (bacino delle Amazzoni).

6.° Africa australe
- α Versante occidentale
- β Versante orientale
- γ Altipiano centrale e regione dei laghi

7.° Africa del Sahara-Arabia-Persia.

8.° America settentrionale extrapolare. . .
- α NO America
- β NE America
- γ Il golfo del Messico

9.° Grande continente Europa NE ed Asia (Impero Russo).

10.° I deserti al N dell'Imàlaia.

11.° Le Indie (Il delta del Gange).

12.° L'Asia orientale
- α clima continentale
- β clima insulare.

13.° Il bacino del mare Mediterraneo.
- α occidentale (i climi di Spagna)
- β medio
  - a la valle del Po
  - b l'Italia meridionale
- γ orientale
  - a climi costiali
  - b climi continentali
- δ australe
  - a la costa d'Africa
  - b il bacino del Nilo.

14.° L'Europa media
- α orientale
- β occidentale

15.° NO dell'Europa.

Noi non possiamo negare che non vi abbia alcunchè di arbitrario in alcuna di queste suddivisioni climatiche, ma certamente dette regioni accentuano caratteri di clima speciali e possono giustificare la loro individualità.

Non entreremo qui a parlare di quelle di cui si disse precedentemente; piuttosto vogliamo in qualche cenno delineare climaticamente alcune allora non ricordate.

Ad es.: L'Australia viene divisa climaticamente in tre parti.

- α intertropicale
  - a clima interno
  - b clima costiale
- β extratropicale
- γ insulare.

Non è certamente paragonabile il clima dolce e primaverile di Wellington e di Hobarttown (media annua 13.°1, escursione 8°) col clima caldo d'Australia al nord del tropico del Capricorno. Per. es., a P. Darwin abbiamo la media annua di 28°.2 con una escursione

Digitized by Google

di 5°. Un altro carattere, che costituisce una grande differenza di clima nell'Australia, è la distribuzione della pioggia e quindi delle curve isonefiche.

Nell'interno dell'Australia abbiamo un'estesissima regione dove piove pochissimo come l'Arabia e la Persia, mentre lungo le coste e specialmente settentrionale ed orientale piove copiosamente in alcuni periodi dell'anno sotto l'influenza dei venti di stagione.

Prendiamo un altro esempio:

I deserti al N dell' Imalaia sono caratterizzati per clima veramente continentale e per di più arido. Nel Turchestan orientale e nel deserto di Gobi la scarsezza, in generale, delle precipitazioni è estrema, almeno per le scarse notizie che possiamo disporre delle regioni russe abbastanza limitrofe, quantunque separate da imponenti catene di montagne.

Certamente que' deserti (steppe) sono la causa prima dell' inversione dell' aliseo di N. E in monsone di S. O.

Le nostre tabelle di temperatura non domandano alcuna spiegazione. Per quelle località, dove manca l'altitudine, deve ritenersi piccolissima.

Mentre nelle zone extra-tropicali settentrionali si può ritenere essere il luglio in generale il mese più caldo ed il gennaio il mese più freddo, cioè in ritardo di circa 25 giorni sulle epoche dei sostizi, e l'inverso verificarsi nelle zone extra-tropicali meridionali; invece nelle zone tropicali l' andamento annuo della temperatura è più complesso, ed in generale si può rappresentare con una curva a due massimi e a due minimi, ed il periodo di separazione fra detti fenomeni è diversissimo ed è funzione specialmente della latitudine. Però in generale le differenze fra i massimi ed i minimi sono piccole. Egli è evidente che per latitudine intorno ai tropici il fenomeno acquista il carattere delle zone extra-tropicali con un massimo ed un minimo. Vi è sempre peraltro, anche nelle zone equinoziali, uno dei massimi ed uno dei minimi, rispettivamente il principale, in causa degli altri fattori del clima e specialmente dei venti e delle precipitazioni (stagioni delle pioggie). La tabella delle temperature delle zone intertropicali mostra ad evidenza che fra il mese più caldo ed il mese più freddo le differenze sono, come dicemmo, piccole e talmente collegate cogli altri fattori del clima, che in qualche caso vi è inversione della legge astronomica. Per studiare le ragioni di dette piccole differenze è necessario vedere se la località si trovi sotto l'influsso dell'aliseo di N E o di S E, se invece non giaccia nelle plaghe dei monsoni, se sia costiera o no; in altre parole, è necessario lo studio speciale del clima di ogni località.

È degno di nota speciale il fatto che, prendendo 32 anni di osservazioni a Iacute il massimo assoluto, fu 38.°8 e il minimo assoluto —62°.0, il che fa l'enorme differenza di 100°8, che è appunto quella dei due punti fissi della scala termometrica (100). In nessuna regione della Terra, come nella Siberia centrale ed orientale si notano climi così spaventevolmente eccessivi. Che enorme differenza di clima fra Aspinwall (istmo di Panama), dove l'escursione è meno d'un grado, e le escursioni pur medie della Siberia orientale! Il massimo freddo che sia stato registrato dagli uomini fino ad ora è appunto nella Siberia orientale, dove a Verchojansc si ebbero 63°.2 sotto zero come si può vedere dalla tabellina seguente.

TEMPERATURE ESTREME SICURAMENTE OSSERVATE.

1. Terra Francesco Giuseppe	(1872-73) e (1873-74)	Minimo assoluto — 46°.2; — 45°.9
2. F. T. Confidence	(1850-51)	— 57°.8
3. Lady Franklinbai	(1875-76)	— 57°.1
4. Floeberg Beach	(1875-76) lat. 82°27′	— 53°.8
5. Jacute		— 62°.0
6. Verchojansc		— 63°.2

Le coste sud del mar Rosso debbonsi ritenere le regioni della Terra, nelle quali la temperatura raggiunge il massimo assoluto. Questo massimo assoluto per alcune località di quella regione è circa 56°C, con un'escursione nei massimi estremi generalmente assai piccola. Di qui deriva che i limiti assoluti di temperatura naturale accertati dagli uomini oscillano fra — 63° e + 56°, cioè per 119°. L' uomo adunque può vivere in condizioni di clima veramente eccezionali, e sa spingersi, per amore del vero e per la propria energia, ai limiti estremi della vita animale e vegetale. La intelligenza è scudo alla sua fragilità, lo spirito comanda al corpo!

Digitized by Google

APPENDICE I.ª

LA MISURA DEL GRADO (1)

DEL PROF.

ELIA MILLOSEVICH

Da pagina 169 a pagina 180 di questo volume è trattato diffusamente della *figura della terra;* spetta a questa Appendice di entrare più particolarmente nella *misura del grado* e di *strettamente* attenersi all'esposizione di questo metodo per la determinazione della figura geometrica più probabile della terra. Accertato il fatto, come è detto nel luogo citato, che la superficie degli oceani non corrisponde a quella d'una sfera, e nella supposizione che la figura della terra sia quella d'un ellissoide di rotazione, sono *sufficienti* due misure *perfette* d'un piccolo arco di meridiano fatte a latitudini diverse per ottenere le due incognite che interessano, cioè il valore metrico del semiasse maggiore dell'ellisse meridiana e la eccentricità di detta ellisse, dopodichè si avranno con tutta facilità tutti gli altri elementi che interessano, come semiasse minore, schiacciamento, ecc. Senonchè le due misure dovrebbero essere *perfette*, cioè le latitudini astronomiche degli estremi dei due archi misurati esenti da errore sensibile, e gli archi espressi in lunghezze immuni da errore; nè basta, le latitudini astronomiche non debbono essere viziate da cause occulte, quali sarebbero le deviazioni del filo a piombo dalla verticale o quelle dei livelli dalla orizzontale per attrazioni locali sopra o sottosuolo. Di qui la necessità di moltiplicare dette misure più che è possibile ed in luoghi diversi e in ambedue gli emisferi, allo scopo di eliminare, almeno fino ad un certo punto, gli errori inevitabili delle osservazioni, e di compensare le perturbazioni che le attrazioni locali esercitano o possono per avventura esercitare sui valori delle *ampiezze* degli archi misurati.

Ed invero, essendo soltanto due le incognite del problema e possedendo un copioso materiale di osservazioni, sarà possibile al calcolatore, con metodi noti ai matematici, di porgere i valori più probabili delle due indeterminate, nonchè, esaminando a parte, ad esempio, gli archi di meridiano a diverse latitudini e a diverse longitudini, oppure gli archi di meridiano soltanto a diverse longitudini, oppure soltanto a diverse latitudini, sarà possibile mettere in luce se per avventura l'ipotesi assunta d'un ellissoide di rotazione sia la vera, o se non occorra far capo a qualche altro ente geometrico che meglio rappresenti la complessiva figura degli oceani.

Potrebbe allora sentirsi la necessità di intraprendere misure di archi di parallelo, i quali nell'ipotesi d'un ellissoide di rotazione sono archi di circolo.

L'esperienza ha dimostrato che appunto, per raggiungere quella approssimazione che è necessaria nelle nostre cognizioni sulle dimensioni e sulla figura della Terra, conviene, anche limitandosi al processo astro-geodetico, ricorrere a tutte quelle misure e tentare tutti quei calcoli, a cui prima accennammo. Nè è probabile che la approssimazione oltrepassi un certo limite, giacchè è forse riservato

(1) Alle opere citate a pag. 168, nota, del pres. vol., aggiungi le seguenti a completamento di una conveniente *bibliografia* del soggetto: — ... *Zusammenstellung der Literatur der Gradmessungsarbeiten*, Berlin, 1876; — FERNEL. *Cosmotheuria sen de forma mundi et de corporibus coelestibus*, Parisiis, 1528.; — SNELLIUS. *Eratosthenes Batavus seu de terra ambitus vera quantitate suscitatus*, Lugduni Batav., 1617; — CASSINI JACQUES, *Traité de la grandeur et de la figure de la terre*, Paris, 1720; — BOUGUER, *La figure de la terre, déterminée par les observations de M. M. de la Condamine et Bouguer*, Paris, 1749; — MAUPERTUIS, *Sur la figure de la terre, déterminée par les observations de M. M. Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier et Outrier*, Amsterd 1738.; — id *La figure de la terre déterminée par les observations faites par ordre du roy dans le cercle polaire*, Paris, 1738.; — WALBECK, *De forma et magnitudine telluris*, ecc., *dissertatio*, Above, 819.; — BESSEL, in *Astron. Nachrichten* von SCHUM, N. 333 e 348, 1841 e 1842; — id. *Populäre Vorlesungen über wissensch. Gegenstände*, von SCHUMACHER Hamburg, 1848.; — SCHUBERT, *Essai d'une détermination de la véritable figure de la Terre, Mem. de l'acad. impér. des sc. de St. Petersb.* VII, 1860, t. I., N. 6.; — CLARKE. *Account of the comparison of Standards of Lenghth made at the Ordnance Survey Office*, Southampton, 1866, pag. 287; — idem, *Philosophical Magazine*, 1878, pag. 86; —. FERGOLA, *Sulla posiz. dell'asse di rotaz. della Terra rispetto all'asse di figura*, Napoli, 1874; — id., *Dimensioni della Terra e ricerca della posizione del suo asse di figura rispetto a quello di rotaz.*, Napoli, Acc. Sc. 1877; — BAUERNFEIND. *Die Bedeitung modernern Gradmessungen*, München, 1866; — SADEBEK. *Entwickelungsgang der Gradmessungsarbeiten und gegenwärtiger Stand der Europäischen Gradmessung*. Berlin, 1876; — ZANOTTI-BIANCO. *Il problema meccanico della figura della Terra*. Parte 1ª. Torino, 1881, Parte 2.ª Torino 1885; — GÜNTHER, *Lehrbuch der Geophysik und physikal. Geographie*, 1 Band, Stuttgart, 1884, pag. 129 e seg.; — OPPOLZER, *Bericht über Fortschritte und Arbeiten der europäischen Gradmessung* in *Geogr. Jahrb.* von WAGNER, XB 1884, Gotha, Perthes, 1885, pag. 115.

Digitized by Google

all'umanità di dover rideterminare di quando in quando la figura della sua abitazione leggerissimamente e lentissimamente deformantesi; e però sarà saggio lo arrestarsi a quella figura, che, mentre da un lato rappresenta con approssimazione più che sufficiente la figura generale della Terra, dall'altro è per sua natura semplice e facilmente utilizzabile nel calcolo. Tale figura è appunto l'ellissoide di rotazione.

Misurare un arco di meridiano vuol dire: determinare le latitudini de' suoi estremi ed esprimere l'arco in lunghezza lineare. Non è certamente necessario misurare proprio un grado; la frase *misura del grado* è una frase piuttosto storica, perchè infatti le prime misure verso la metà del passato secolo furono appunto intorno ad un grado. Tralasciando per ora di dire delle celebri misure francesi del finire del secolo passato e del principio del nostro, vogliamo invece ricordare qui quelle che vennero compiute dopo che l' Europa potè godere d'una tranquillità relativa colla caduta definitiva di Bonaparte. Imitando la Francia, abbiamo l'arco inglese di 9°, quello Russo di 8°, quello delle Indie di 3°, ed archi più piccoli ancora in Danimarca, Annover e Prussia. Queste misure caddero nelle mani di due valenti matematici Airy e Bessel, ed il prospetto a pag. 178 è appunto il risultato delle misure di quel periodo geodetico che immediatamente precede l'attuale. Lo schiacciamento $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{299.15}$ ne fu il risultato, dove $a = 6377397^{m}$.

Il terzo periodo geodetico viene caratterizzato dagli archi amplissimi misurati, cioè l'arco di 25° in Russia, quello di 22° dell' Inghilterra e della Francia, quello di 24° nelle Indie, l'arco del Capo di Buona Speranza esteso dagli Inglesi a 4° sulle traccie di quello misurato nel secolo passato dall'ab. Lacaille. Questo periodo si collega colle misure delle oscillazioni del pendolo in luoghi diversi e di cui è fatto cenno nel luogo citato, e vi è un notabile accordo fra i due metodi, che sono di natura indipendenti, e lo schiacciamento $\frac{1}{292.2}$ col l'errore probabile nel denominatore di $+ 1{,}5$ che è risultato al Clarke dallo studio delle oscillazioni del pendolo si accorda mirabilmente con quello che risulta da uno studio completo delle misure degli archi di meridiano.

Nello stato attuale della scienza noi possiamo asserire che lo schiacciamento più probabile oscilla fra $\frac{1}{291.5}$ e $\frac{1}{293.5}$, e che presentemente sarà ben difficile raggiungere precisione maggiore, quantunque più che sufficiente per qualunque bisogno scientifico, e che il valore di a devesi ritenerlo fra 6378200 e 6378400. Inoltre, che, quantunque la Terra, considerata ne'suoi oceani comunicanti *inter se*, non sia un'ellissoide di rotazione, tuttavia di pochissimo ne aberra, ed in qualunque modo non si potrebbe accennare l'ente geometrico che più le si accosta, poichè male le si addice per es., l'ellissoide a tre assi, per il quale l'equatore ed i paralleli sarebbero ellissi, vi sarebbe un diametro di dette ellissi massimo (asse maggiore) orientato in una certa longitudine, ed i meridiani sarebbero ellissi disugualmente eccentriche fra due limiti (vedi pagina 179). Da ultimo che giova accontentarsi dell'ottenuto, che è già un massimo di precisione e piuttosto perseverare nelle misure allo scopo di pervenire in un lontano avvenire alla conoscenza delle leggi che per avventura governassero la deformazione lenta e progressiva della Terra. Per gli usi poi geografici le dimensioni date dall'illustre Bessel possono ad esuberanza bastare, come è fatto cenno a pagina 179.

Sarà ora nostro tema quello di esporre nel modo più elementare che sia possibile, il procedimento della *misura del grado*.

Scelto l'arco AB di meridiano da misurare, passano per gli estremi A e B due paralleli, che giova da prima fissare con assoluta precisione. Devonsi cioè determinare le latitudini astronomiche di A e di B. I metodi diversificano secondo i mezzi che sono a disposizione dei geodeti.

Se si possiede un buon cerchio meridiano, del quale siano state studiate le figure geometriche dei perni d'acciaio e gli errori di divisione del cerchio tanto periodici, quanto accidentali, e se il cerchio è munito di microscopi-micrometri, nulla di meglio che determinare la latitudine colla misura delle distanze zenitali di stelle, delle quali sia perfettamente nota la declinazione, determinando volta per volta la posizione nadirale dell' asse ottico del cannocchiale per mezzo del bagno a mercurio; ma se l'osservatore non si trova nelle condizioni prima citate, dovrà valersi di uno o dell'altro di due metodi indiretti, che permettono di raggiungere eguale precisione. Il migliore è quello di Horrebow, detto erroneamente di Talcott, il quale consiste nella misura di piccolissime differenze di distanze zenitali di stelle al nord e al sud dello zenit e di poca differenza di ascensione retta, misure che si fanno nel piano meridiano per mezzo d'un micrometro, rivolgendo uno strumento opportunamente costruito, in modo che in una mezza rotazione di 180° l'asse ottico di esso conservi un angolo rigorosamente costante colla verticale. Se le stelle osservate a coppie siano determinate con *estremo rigore* nella declinazione, si conoscerà quanto basta per avere la latitudine con *molto rigore*. L'altro metodo consiste nel collocare uno strumento dei passaggi in primo verticale (piano che passa per est-zenit ed ovest) e nell' osservare i tempi dei passaggi di certe stelle di notissime coordinate per i fili verticali di un reticolo. I particolari tecnici di questi metodi e le precauzioni che si devono prendere per eliminare o conoscere gli errori strumentali appartengono all'astronomo di professione.

Allorchè il geodeta avrà determinato con estremo rigore l'ampiezza dell' arco AB, sarà opportuno che determini la latitudine anche di qualche parallelo intermedio, che gli servirà o di verifica o di indizio di influenze di attrazioni locali. Sarà

Digitized by Google

pressochè impossibile che le latitudini estreme dell'arco AB siano state determinate nei punti A B in meridiano comune; dette latitudini saranno generalmente fissate rispetto a due punti A′ e B′ che si trovano sui paralleli di A e di B. Ciò domanderà un'altra operazione astronomica, di cui diremo prestissimo.

Il geodeta quindi conoscerà, coll'approssimazione domandata dalla scienza moderna, la differenza di latitudine di due caposaldi A e B o meglio A′, B′, facilmente riconoscibili a distanza e individuati da due punti materiali.

Eseguita la parte astronomica, devesi por mano alla parte geodetica, la quale consiste in una ricognizione sommaria del terreno, scelto opportunamente per la delicata operazione, dalla quale ricognizione risulti la possibilità di approfittare di segnali naturali, come punte di campanili, ecc, oppure di caposaldi artificiali fatti all'uopo, affinchè la rete dei triangoli, che si deve gettare fra A e B sia tale che ogni triangolo di molto non si allontani dall'essere equiangolo. I triangoli così immaginati sono triangoli sferici o triedri col vertice al centro della terra, e su una medesima superficie di livello; siccome i lati dei singoli triangoli difficilmente oltrepassano un piccolo numero di chilometri, così di poco differiscono da triangoli piani, ed i geometri sanno opportunamente approfittare di questa preziosa condizione per semplificare i calcoli senza togliere ad essi alcun rigore. Lo strumento che dà direttamente i diedri di questi triangoli è il teodolite.

Uno dei lati dei triangoli deve essere misurato direttamente. Questa operazione è la più delicata fra le diverse operazioni geodetiche. Conviene anzitutto sul parallelo, ad esempio di A, erigere un caposaldo e su un terreno piano e in prossimità al reticolato dei triangoli scegliere la *base* proporzionata alla lunghezza dell'arco di meridiano che si vuol misurare. Supponiamo che convenga misurare una base di 10 chilometri di lunghezza. Sarà necessario collocare un eccellente strumento dei passaggi circa al 5to chilometro e, rettificatolo con estrema precisione, fare in modo che l'asse ottico di esso coincida con due mire collocate agli estremi della base. Delle mire intermedie, allineate rigorosamente, lasceranno la traccia sul terreno della linea materiale che si deve misurare. Segnati con rigore i punti estremi sul terreno, si passerà a misurare la base per mezzo di tre regoli in platino, di 4 metri ciascuno, portati da traverse di legno e poggianti su cavalletti. Essi si porranno allineati, ma non toccantisi, per evitare gli urti e si misureranno con appendici divise speciali i piccolissimi intervalli frapposti fra il primo e il secondo, il secondo e il terzo. I regoli devono essere assolutamente orizzontali. A ciò si provvede con sensibili livelle.

In ogni posa o misura devesi leggere il termometro centigrado annesso, poichè è inteso che il regolo è campionato sul metro degli Archivi di Francia, che oggi è assunto come unità di misura, anche se non risponde alla quarantamilionesima parte del meridiano terrestre. Tale campionamento si fa a 0° del centigrado, e però, conoscendo il coefficente di dilatazione del metallo di cui è composto il regolo, si può correggere l'effetto della temperatura diversa da zero. È ovvio che, messi in posa i tre regoli ed eseguite le operazioni anzicitate, il primo si trasporta in seguito al terzo e così via via sino alla fine d'una giornata. Alla sera si seppellisce nel terreno una piastra sulla quale si segna col filo a piombo il punto geometrico di arrivo dell'ultimo regolo, per riprendere il lavoro all'alba seguente. Un mese di fatica può fornire la lunghezza d'una base di 10 chilometri. Il calcolo poi della base totale è estremamente semplice se con metodo si tenne conto di tutti gli elementi prima indicati. Un'abile squadra di operatori può ottenere una grande precisione in detta misura, potendosi ritenere che una base di 10 chilometri è bene misurata se l'errore finale è di circa 8 a 10 centimetri. O livellando rigorosamente in ogni posa, o meglio determinando l'inclinazione delle sbarre metalliche rispetto all'orizzontale, la base in ultimo verrà ridotta alla superficie di livello che passa per l'ultimo punto, del quale, conoscendo l'altitudine dalla superficie media del mare, si ridurrà la base alla superficie di livello di quest'ultimo per mezzo d'un noto teorema di geometria elementare e previa la conoscenza approssimata del raggio terrestre.

Abbiamo supposto che uno degli estremi della base coincidesse col parallelo A; converrà ora conoscere l'orientamento di questa base rispetto alla linea N-S, che passa per uno degli estremi. Qui interviene un nuovo problema di astronomia, del quale abbiamo fatto cenno, cioè la determinazione di un azimut, per es. dell'azimut del segnale *termine* visto dal segnale *capo*: dopodichè vi è la misura degli angoli di tutti i triangoli che circuiscono l'arco di meridiano ignoto di lunghezza di cui si conosce l'ampiezza. Trasportando il teodolite di segnale in segnale e riducendo gli angoli, ove occorra, ai centri di stazione, si avranno tutti gli elementi per calcolare l'arco di meridiano domandato, che passava fra i paralleli di A e di B. La determinazione astronomica dell'azimut, se non domanda l'estremo rigore come per le latitudini astronomiche, deve tuttavia essere fatta con somma cura, perchè è ad esso azimut affidato l'orientamento dell'intera operazione.

Determinare un *azimut* d'un punto visto da un altro punto vuol dire conoscere l'arco di orizzonte compreso fra il meridiano che passa per questo punto e la retta visuale che va da questo a quello. Per risolvere questo problema occorre determinare l'arco d'orizzonte compreso fra il verticale di un astro e il verticale del punto e l'azimut dell'astro in quell'istante. Lo strumento all'uopo è il teodolite e meglio ancora uno strumento universale, che è un grande teodolite che può essere invertito come lo strumento dei passaggi. I metodi astronomici per determinare l'azimut dell'astro variano special-

Digitized by Google

mente a seconda delle latitudini allo scopo di rendere meno efficaci gli errori strumentali e di osservazione.

L'ultimo lato del triangolo limite può essere anche *misurato* per mezzo d'una nuova base, ed in tal modo le operazioni scambievolmente si verificheranno.

Impiegando questo processo su archi di meridiano in vicinanza del polo e dell'equatore, risultò ben presto ciò che la teoria aveva predetto, che cioè, a pari ampiezza, era più lungo l'arco polare di meridiano che non l'arco equatoriale di meridiano stesso, ovvero che la terra era schiacciata al polo e rigonfiata all'equatore. Nell'ipotesi dell'ellissoide, due archi consimili bastano per conoscere i valori di a e di e e quindi di b e di $\frac{a-b}{a}$ (schiacciamento).

La Commissione del sistema metrico (Legge del 18 germinale, anno III) avendo a disposizione soltanto gli archi del Perù e di Lapponia, nonchè l'arco di Francia, nè potendo contare sulla precisione necessaria di questo, fece rifare ed estendere le misure da Delambre e Mechain fra Dunkerque e Barcellona (Montiouy) in mezzo al turbinìo di quel periodo agitatissimo. Il metro risultò ad operazione compiuta di 0.513074 della tesa del Perù a 0° di temperatura, cioè $3^{pi}\ 0^{po}\ 11^{li}\ 296$. Il vero valore di esso nello stato moderno della geodesia dovrebbe essere $3^{pi}\ 0^{po}\ 11^{li}\ 382$. L'errore quindi in meno è di $0^{l}.086 = 0.^{mm}\ 193964$.

Per avere quindi un metro campione estremamente prossimo a $\frac{1}{1000000}$ di un quarto del meridiano terrestre dovrebbesi allungare il metro campione di Francia di $0.^{mm}\ 194$. L'errore quindi su un chilometro è mm. 193.964 e su 10000000 di metri è 1940^{m}, cioè colle più recenti misure il quarto di meridiano terrestre è lungo m. 10001940 prendendo il metro attuale come unità di misura. Varrebbe la pena cangiare il campione degli Archivi? No, certamente, giacchè anche se da un abile artefice si facesse costruire un campione, per es. in platino, che fosse lungo $3^{pi}\ 0^{po}\ 11^{li}\ 382$ della tesa del Perù a 0° di temperatura, non sarebbe per questo il vero campione di $\frac{1}{10000000}$ del quarto del meridiano, giacchè, se conosciamo con maggiore precisione del finire del secolo passato le dimensioni del globo, non per questo le conosciamo rigorosamente, poi è probabile una lenta modificazione della figura di esso. Il serbare l'antico campione, che tanto si accosta alla verità, è rendere un omaggio agli uomini insigni che ce lo fornirono, e all' epoca fortunosa dalla quale, in mezzo a crudeli esagerazioni, emerse il grande beneficio del libero esame.

Daremo una breve notizia delle misure geodesiche che oggidì possediamo.

Le classiche misure, al Perù e in Lapponia, del secolo passato accertarono lo schiacciamento e ne diedero anche un valore approssimato. Dall' arco del Perù intorno all'equatore da Cotchesqui (0°3'N.) a Tarqui (3°5'S.) su un arco di 3°7'3"5 ebbesi T = 176875.5, dove T è appunto la tesa usata e ridotta a 0°, che ci servirà di unità per tutte le misure, che indicheremo.

Il grande arco russo-svedese, fusosi col piccolo antico di Maupertuis, va dà Flügelnaes e Nekrassowka, cioè da 70° 40' a 45° 20' e sopra un'ampiezza di 25° 20' 8"5 si ha T = 1447786,8 coll'errore probabile di sole tese 6.2.

L'antico arco di Francia, riveduto in gran parte, prolungato fino a Formentera al sud e a Saxaword al nord, costituisce oggidì il grande arco anglo-francese, che deve essere esteso in Africa. Su un' ampiezza di 22° 9' 42"5 si ha T = 1264645.5. Il celebre arco delle Indie da Shahpur a Kudankulam ampio 24°9' 23"7 = T 1353210.9. L' arco del Capo di Buona Speranza da North End a Cape Point ampio 4° 36' 48",6 = T 262468.6. A questi dobbiamo aggiungere i tre piccoli archi di Prussia, di Danimarca e di Annover. All'avvenire è riserbato il compito di estendere l'arco anglo-francese-spagnuolo fino al Sahara; gli Stati Uniti intanto lavorano da lungo tempo ad un' immensa operazione geodesica già prossima alla fine ed il Brasile è occupato in una operazione equivalente. Intanto la Commissione internazionale del grado Europeo ha esteso la sua benefica azione scientifica sopra una scala più larga. Non soltanto la misura di archi di meridiano fornisce gli elementi a ed e dell'ellissoide, ma la misura d' un arco di parallelo fornisce un' equazione, nella quale, misurato l'arco e nota la differenza di longitudine astronomica degli estremi, restano come indeterminate a ed e; anzi è dall'insieme di tutte queste misure che può risultare un concetto più approfondito della vera figura degli oceani comunicanti *inter se*.

Il processo per la misura d'un arco di parallelo è lo stesso di quello d'un arco di meridiano. Sia un arco di parallelo AB da misurare; le operazioni astronomiche sono tre; latitudine di esso, differenza di longitudine cronografica fra A e B; misura d' una base; orientamento d'un lato, cioè azimut di esso; misura degli angoli dei triangoli, che investono l'arco di parallelo e calcoli relativi per dedurre la lunghezza dell'arco AB ad una nota latitudine ed ampio un arco noto dalla differenza di longitudine astronomica.

Il metodo oggidì usato per determinare la differenza di longitudine fra due punti col rigore domandato dallo stato attuale della geodesia ($0^{s}.02$) (in tempo) è il metodo cronografico, il quale essenzialmente consiste nel determinare con estremo rigore il tempo locale delle due stazioni nello stesso istante fisico e nel trasmettersi elettricamente detto tempo scambievolmente. Non è quì il luogo d' entrare nel tecnicismo di questa importante operazione, ma solo diremo che assidue sono le cure che debbono prendere gli astronomi e nello studio degli errori strumentali e nella scelta delle stelle e nello scambio di stazione degli

Digitized by Google

osservatori per eludere gli errori e raggiungere la bramata precisione.

Se, lungo un parallelo, a pari ampiezza troviamo pari lunghezza, noi percorriamo un cerchio, e la figura della Terra è un ellissoide di rotazione, dacchè sappiamo, per le misure meridiane, che non è una sfera.

Allorchè saranno messe a calcolo tutte le misure geodesiche, che oggidì si fanno o si ha in animo di fare, studiando con estrema diligenza i valori ottenuti sui diversi paralleli al nord e al sud dell'equatore, saremo in grado di pronunciare una frase ancor più sicura sulla più probabile figura della Terra; ma già il materiale dell'oggi ci autorizza alle conchiusioni dette in principio, che non saranno smentite nell'avvenire, se non forse per farci convinti che la Terra modifica lentissimamente e forse fra limiti la sua figura, e di già i moti bradisismici accennano alla verità di questo canone.

Allorchè abbiamo cominciato questa appendice dicemmo che le latitudini astronomiche potrebbero per avventura essere viziate da cause occulte, come deviazione dei livelli per attrazioni locali sopra e sotto suolo. Ci resta quindi di dire una parola sulle irregolarità della superficie di livello dell'ellissoide liquido terrestre.

Già sappiamo intanto che in geodesia si determina la figura degli oceani considerati al loro livello medio, cioè astrazione fatta dai moti ondosi e mareosi. Se il sottosuolo terrestre fosse occupato di materiali di densità, per es., crescente con una legge geometrica in modo da costituire degusci concentrici di eguale densità, e se alla sui perficie della Terra non esistessero le catene di montagne, certamente in qualunque luogo della Terra il filo a piombo sarebbe perpendicolare ad un piano tangente al punto che si considera, e due fili a piombo a diversa latitudine sur un meridiano formerebbero *inter se* un angolo eguale alla differenza di latitudine astronomica dei due luoghi; ma se, ad esempio, in prossimità d'un punto terrestre per ragioni geologiche si insinuarono delle rocce molto dense, spinte dal basso all'alto allo stato liquido o pastoso (basalti, ecc), o se in somma vicinanza d'un punto esiste una grande catena di montagne, l'azione deviatrice sul filo a piombo e sui livelli si farà sentire: o, in altre parole, in quel punto una porzione assai piccola della superficie dell'ellissoide liquido assumerà una figura speciale, una specie di *rugosità geodesica,* che nulla ha di comune coll'insieme della figura generale. Tali piccole rugosità potranno determinarsi sovente in una forma o in un'altra, d'onde la difficoltà di eliminare tali perturbazioni nello studio della figura generale della Terra, quando esse fossero dell'ordine delle quantità da eliminarsi; oppure da porle in conto per vedere qual ente geometrico meglio rappresenti l'insieme.

Allorchè si misura un arco di meridiano, resta un errore residuale che dipende dalla imperfezione umana tanto nella determinazione della lunghezza, quanto della ampiezza. Fortunatamente siamo in caso ora di poter assegnare l'errore massimo che può esser stato commesso tanto nelle latitudini, quanto nelle misure di lunghezza. Di più la conoscenza già abbastanza approfondita, fin dal secolo passato, dei valori di a e di e, ci permette a priori di sapere, per es., la lunghezza d'un *piccolo* arco di meridiano con tutto rigore in una data latitudine. Di quì la possibilità di studiare a dovere il problema gravissimo delle irregolarità della superficie di livello.

Allorchè possediamo tutto il materiale delle misure d'un arco di meridiano, suddiviso in segmenti, noi possiamo determinare quante ci piacciono latitudini astronomiche intermedie, e, previa la conoscenza delle dimensioni del globo, determinare le differenze delle latitudini geodesiche fra i singoli punti nei quali si misurarono le differenze delle latitudini astronomiche. Tenuto conto degli errori probabili commessi sulle ampiezze dell'arco, non che degli errori probabili commessi sulle lunghezze, è possibile accertare se le differenze fra le latitudini astronomiche e le geodesiche siano spiegabili con quelli o per avventura eccedano in modo da dover supporre delle irregolarità nella superficie di livello.

Tale studio delicato venne fatto recentemente sopra i grandi archi misurati in India, in Russia, in Francia.

È messo fuori di dubbio che le irregolarità nella superficie di livello esistono, ma non seguono alcuna legge speciale da dover inferire che per queste debbasi modificare il concetto che la figura degli oceani non sia presso a poco un ellissoide di rotazione; le irregolarità sono saltuarie, cangianti di segno, ora più, ora meno intense, ed evidentemente collegate colle variazioni di densità del sottosuolo e colle montagne sulla superficie. Il luogo geometrico dei punti che giacciono sulla *reale* superficie di livello degli oceani rivestenti tutta la Terra e privi di moto ondoso e mareoso costituisce appunto il *geoide* degli scrittori moderni; or bene, se costruiamo un ellissoide colle dimensioni $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{292.5}$ e con a = 6378300 m e cerchiamo, segmento per segmento, di mettere a posto su questo ellissoide il geoide, almeno per quelle parti che ci sono direttamente note, e se poi ci facciamo ad esaminare l'aspetto dei due solidi intrecciantisi, non vi ha dubbio che verrebbe scelto l'ellissoide come ente geometrico che meglio di ogni altro rappresenta la figura degli oceani.

Per avere un'idea degli effetti prodotti dalla irregolarità della superficie di livello, leggansi le differenze fra le latitudini geodesiche e le astronomiche quali risultano dallo studio del grande arco nelle Indie. Sopra 14 punti dell'arco di 23° abbiamo le differenze seguenti $+3''{,}4$; $-1''.0$; $-4''.1$; $+3''.6$; $-2''.1$; $+1''{,}2$; $+2''.9$; $-5''.0$; $-1''{,}3$; $-4''.6$; $+3''.8$; $-3''.0$; $+2''.5$; $+3''.3$; ben otto volte le differenze cambiano segno e si

Digitized by Google

mantengono sempre piccole; la somma algebrica di esse è nulla.

Se un identico paragone facciamo anche per gli altri grandi archi misurati, veniamo a conclusioni identiche. Ciò non impedisce che, in alcune speciali località della Terra, dette deformazioni nella superficie di livello non siano notabili. Già Bouguer nel secolo passato, all'epoca della misura dell'arco del Perù, accennò appunto alla possibilità di determinare la densità media della Terra osservando le deviazioni del filo a piombo prodotte dalla vicinanza d'una grande montagna, e ne fece l'esperimento sul Chimborazo. Alquanto più tardi Maskelyne rinnovò lo studio sul Shehallien, che è una montagna della Scozia. L'illustre astronomo di Greenwich determinò le latitudini astronomiche di due punti di circolo massimo passante per la montagna da una parte e dall'altra di essa, nonchè la lunghezza geodesica, e, per mezzo della conoscenza delle dimensioni del globo, ottenne 11″ di differenza fra i due archi ottenuti co' due metodi. Tale differenza è imputabile integralmente alle latitudini astronomiche, affette di errore di segno opposto, per la deviazione del filo a piombo occasionata dalla attrazione della montagna. Il geologo Hutton cubò la montagna per mezzo di operazioni topografiche e ne determinò la densità media di 2.7, dopo di che non fu difficile dedurre un valore approssimato della densità del globo nel numero 4.5. — Questi esperimenti vennero in seguito rinnovati altre volte.

APPENDICE II.ª

LE PROIEZIONI GEOGRAFICHE (1)

DEL PROF.

POMPEO DURAZZO.

1. Per quanto lo studioso della geografia si proponga di stare nel campo il più elementare, egli è certo che una delle parti essenzialmente necessarie è quella della cartografia, intendendo con questo nome l'assieme delle leggi geometriche, che servono alla costruzione di una carta geografica qualunque. È adunque alla costruzione delle reti dei gradi, che devono servire di base ad ogni ulteriore disegno, che noi rivolgeremo l'attenzione nostra, vale a dire allo studio delle *Projezioni geografiche*.

Il problema essenziale delle projezioni è quello di tentare di sviluppare sopra un piano la superficie dell'ellissoide terrestre coi minori errori possibili. E appunto perchè detta superficie non è sviluppabile su di un piano, avremo che ogni projezione, nel mentre offre i suoi particolari vantaggi, dà pure dei difetti. Lo scopo adunque a cui dobbiamo tendere con questa breve trattazione si è quello di poter giungere a saper sciegliere e costruire la projezione più adatta alla rappresentazione; di un paese qualunque.

Tanti e sì svariati sono i metodi di projezione, che chi imprende questo studio crede trovarsi in un labirinto e a prima giunta non sa raccapezzarsi; ma dividendo e raggruppando i varî si-

(1) MATTEO FIORINI, *Le proiezioni delle Carte geografiche*. Bologna, N. Zanichelli, 1881. Un volume di pag. XLIII + 703 con atlante di tav. XI e fig. 84; — M. A. TISSOT, *Mémoire sur la repprésentation des surfaces et des projections des cartes géographiques*, Paris, Gauthier-Villars, 1881. Un vol. di pag. 337 con 52 tavole numeriche; — OSKAR MÖLLINGER, *Lehrbuch der wichtigsten Kartenprojektionen mit besonderer Berücksichtigung der Stereographischen Bonne'schen und Mercatorprojektion. Für höhere Lehranstalten sowie zum Selbstunterrichte*. Mit 50 in den Text gedruckten Figuren, Zürich, C. Schmidt, 1882; — A. STEINHAUSER, *Grundzüge der mathematischen Geographie und der Landkartenprojection*, Wien, F. Beck, 1879; — H. GRETSCHEL, *Lehrbuch der Karten-Projektion, enthaltend eine Anweisung zur Zeichnung der Netze für die verschiedensten Arten von Land-und Himmelskarten*, Weimar, F. Voigt, 1873. (Mit 6 Tafeln und 68 in den Text eingedruckten Abbildungen); — M. A. GERMAIN, *Traité des projections des cartes géographiques*, Paris; — S. F. LACROIX, *Introduction a la géographie mathématique et critique*, Nouvelle édition, Paris, 1847; — LAMBERT, *Land-und Himmelscharten* (Tom. III del *Beyträge zum Gebranche der Mathematik und deren Anwendung*, Berlino, 1872); — PUISSANT, *Traitè de Topographie*, Parigi, 1820; — I. F. MAYER. *Anweisung zur Werzeichnung der Karten*, Erlangen 1794; — DOERGENS, *Theorie und Praxis der geographischen Kartennetze*, Berlino, 1870; — D'AVEZAC, *Coup d'oeil historique sur la projection des cartes de géographie*, Parigi, 1863; — P. DURAZZO, *Il disegno delle Projezioni Geografiche, guida allo studio della cartografia*, Verona, Drucker e Tedeschi, 1885, II edizione.

Per la parte storica, oltre al FIORINI e D'AVEZAC citati, cf.: J. LELEWEL, *Géographie de moyen-âge*, Bruxelles, 1850-57; — JOMARD, *Les monuments de la Géographie, on recueil d'anciennes cartes publiès en fac-simil*, Paris; — VIVIEN DE SAINT MARTIN, *Histoire de la Géographie et des découvertes géographiques depuis les temps les plus reculés jusq'à nos jours*, Paris, 1873; — SANTARM *Essai sur l'histoire de la Cosmographie et de la Cartographie pendant le moyen-âge*, Paris, 1849; — S. GÜHNTER, *Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie*, Halle, 1879; — G. LIBRI, *Histoire des sciences mathématiques en Italie depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle*, Paris, 1838-41 — PESCHEL'S O., *Geschichte der Erdkunde bis auf Alexander von Humboldt und Carl Ritter*, München, 1877.

Digitized by Google

stemi in classi e sottoclassi, veniamo poi a comporre un edificio compatto, di facile intelligenza. Le tre grandi branche in cui si raggruppano le projezioni sono: le *Prospettive;* gli *Sviluppi;* i *Sistemi convenzionali.*

Ognuno di tali sistemi presenta delle relazioni *lineari*, *superficiali* od *angolari*, per cui da questo lato una projezione si può chiamare: *qualitativa, quantitativa* ed *isogonica* od *ortomorfa;* avremo poi una *projezione compensativa* quando saremo giunti ad ottenere minimo l'errore nelle alterazioni lineari, superficiali ed angolari.

2. **Prospettive.** L'imagine prodotta dall'intersezione con una data superficie delle visuali condotte dall'occhio dell'osservatore alla sfera terrestre si chiama *prospettiva* o *projezione prospettica.*

Ora, tanto nel caso di una prospettiva qualunque, come nel caso nostro geografico, il disegno risultante sarà sempre subordinato alla forma del piano di projezione e alla posizione del punto di vista. Il primo caso resta per noi eliminato perchè la superficie di projezione verrà presa sempre piana e perpendicolare al raggio visuale mediano. Consideriamo invece le varie posizioni del punto di vista, tanto in modo assoluto, come rispetto alle varie parti della sfera. Così, se esso trovasi al polo o sul prolungamento dell'asse di rotazione (Tav. 1ª, Fig. 1), il piano di projezione coinciderà col piano equatoriale o sarà ad esso parallelo e la projezione si chiamerà *polare;* se invece il punto di vista trovasi sul diametro equatoriale o sopra il suo prolungamento, il disegno risulterà sul piano meridiano o su un piano ad esso parallelo, e la projezione si chiamerà *equatoriale,* (Tav. 1ª, Fig. 2); se infine il detto punto trovasi sopra un diametro qualunque, che non sia nè polare nè equatoriale, il piano di projezione coinciderà o risulterà parallelo al piano orizzontale del punto per cui passa il raggio visuale mediano; questa projezione si chiamerà *orizzontale* (Tav. 1ª, Fig. 3).

Qualora si consideri invece la posizione del punto di vista rispetto alla sfera terrestre in generale, o meglio alla sua distanza dal centro della terra, noi avremo una prima grande classificazione delle projezioni in *exotere,* se il punto di vista è situato in modo da osservare la terra dalla parte della sua convessità; ed in *celoscopiche,* se invece la si osserva dalla parte della concavità. Nel primo caso poi evidentemente l'occhio potrà essere a distanza infinita e quindi i raggi visuali giungeranno paralleli a sè stessi, perpendicolarmente al piano di projezione, dando così origine alla projezione *ortografica* (Tav. 1.ª, Fig. 4); oppure potrà essere a distanza finita coi raggi divergenti, e allora avremo la *scenografica* (T. 1.ª Fig. 5). Nel secondo caso delle celoscopiche, il punto di vista può essere sulla superficie stessa della sfera terrestre, immaginando così di vedere l'emisfero opposto; oppure può trovarsi nel centro stesso della terra; così si hanno le projezioni *stereografiche* (Tav. 1.ª Fig. 6) e le *cetrografiche* (Tav. 1.ª, Fig. 7). È quindi evidente, che ognuna di queste quattro projezioni potrà essere polare, equatoriale od orizzontale, e quindi avremo una serie di dodici prospettive, che prenderanno le denominazioni nel modo seguente:

Projezione ortografica polare
» ortografica equatoriale
» ortografica orizzontale
» centrografica equatoriale
» stereografica polare
» ecc. ecc.

3. Fra tutte le projezioni le *stereografiche* (1) sono di costruzione assai facile, poichè tanto i meridiani come i paralleli sono sempre rappresentati da linee rette, da circonferenze o da archi di circonferenza di cui è assai facile trovare il centro.

Sia la circonferenza ABCD (Tav. 1, Fig. 8), la quale rappresenterà l'equatore, se nel centro P sarà projettato il polo. Trattandosi quindi di una projezione polare, tutti i meridiani dovranno essere linee rette passanti per P, come pure in P dovrà essere il centro dei paralleli. Per tracciare i primi basterà dividere la detta circonferenza, per es., in 24 segmenti eguali, cioè di 15° in 15° e tirare per essi altrettanti diametri, che daranno i meridiani di 15° in 15°.

Il raggio dei paralleli si avrá congiungendo il punto C coi punti 105, 120, 135 . . . . . con rette che taglieranno la PB nei punti *a*, *b*, *c* . . . . . ; le distanze P*a*, P*b* . . . . . saranno i raggi cercati. Oltre alla costruzione geometrica, nella Fig. 8 furono disegnati i continenti settentrionali prendendo per meridiano d'origine quello che passa per Parigi.

La costruzione della projezione stereografica equatoriale è un po' meno facile, ma nulla v'ha di complicato. Non si tratta che di trovare il centro delle coordinate geografiche, che sono altrettanti archi di circonferenza, tranne il meridiano mediano e l'equatore, che sono linee rette. Sia la circonferenza PE P′E′ (Tav. 1.ª, fig. 9), nella quale i due diametri PP′ ed EE′, rispettivamente perpendicolari, rappresentano il meridiano di mezzo e l'equatore. Si divida la circonferenza in 24 parti (di 15° in 15°) e su ciascuno dei diametri PP′ ed EE′ si praticlino le divisioni come nella projezione antecedente. Dal punto P con raggio PO si tiri l'arco di circonferenza *xy* e, centrando quindi successivamente in *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, colla medesima apertura di compasso si tagli l'arco suddetto nei punti *r*, *s*, *t*, *u*, *v*; nonchè in *r′*, *s′*, *t′*, *u′*, *v′*; si congiunga *r* con *r′*, *s* con *s* . . . . . per mezzo di rette indefinite, le quali incontreranno il prolungamento dell'equatore EE′ nei punti A, C, E...; centrando poi in A con raggio A *e*, si descriva l'arco P *e* P′ che rappresenterà il meridiano di 165° ad oriente del mediano; così, centrando in C, E, G, H, si avran-

(1) Il nome di *stereografica* fu dato a questa projezione, solo ai primi del secolo XVI dal D'AGUILLON nell'opera: *Opticorum libri sex,* Anversa 1613.

Digitized by Google

no i meridiani successivi e ripetendo tale costruzione dall'altra parte avremo i meridiani occidentali. In modo analogo si troveranno i centri dei paralleli; con raggio qualunque si centri in a' e si tirino due piccoli archi, di circonferenza opposti e con uguale raggio centrando in a^2 si traccino due altri piccoli archi, che taglieranno i primi nei punti q e q'; lo stesso si faccia centrando invece in b' e b^2 ottenendo i punti p e p' e così via. Congiungendo qq', pp', ... con rette indefinite, si incontrerà il prolungamento del meridiano mediano PP′ nei punti A′, B′.... i quali saranno i centri dei paralleli meridionali tirati per e', d'.... coi raggi $A'e'$, $B'd'$....: Per i paralleli settentrionali basterà ripetere al nord la medesima costruzione. Ottenuta così la rete dei gradi, nella fig. 9 abbiamo delineato i continenti, facendo passare il meridiano d'origine per l'isola del Ferro.

Per l'ultima proiezione stereografica, che è l'*orizzontale*, è necessario anzi tutto determinare la posizione geografica del punto di mezzo che, come dicemmo, non deve essere nè al polo nè all'equatore.

Sia la circonferenza ABCD (Tav. 1, Fig. 11) nel cui centro M passi il 60° di latitudine nord. Si divida nel solito modo tanto la circonferenza come il meridiano mediano BD. Centrando sulla metà della retta 75,75, si descriva una circonferenza che passerà per questi due punti e sarà il 75° parallelo nord, e così otterremo il 60° il 45° e il 30°.

Il 15° non viene descritto che in parte; per trovare il suo centro si congiunga il punto c con a per mezzo di una retta che prolungata taglierà il prolungamento della BD in d; si centri sulla metà della d 15 e si otterrà il 15° parallelo; in modo analogo si avrà poi l'equatore, il 15° e 30° sud. Passando ai meridiani, dobbiamo anzi tutto segnare il meridiano che va a finire alle estremità dell'equatore; esso ha il suo centro in E, punto che si ottiene come si ebbe superiormente il punto d. Per gli altri meridiani si descriva, centrando in 90 con raggio 90 B, una semicirconferenza xBy e la si divida in 12 parti eguali nei punti $i, l, m, ..$; si tirino quindi 90 i, 90 l, 90 m .... che prolungate incontreranno nei punti i', l', m' ... la retta indefinita tirata per E perpendicolarmente alla BD. Questi punti saranno i centri dei diversi meridiani che necessariamente dovranno passare per 90.

Dicemmo come ogni proiezione presenti dei pregi e degli inconvenienti. Gli inconvenienti risaltano a prima vista osservando un emisfero qualunque costruito col sistema stereografico; le terre vengono potentemente allargate di mano in mano che si avvicinano alla periferia del disegno; invece la conservazione degli angoli retti formati dai meridiani coi paralleli e l'essere questi rappresentati da linee rette o da circonferenze, fa sì che tale proiezione è di un' utilità e semplicità che la resero sempre comunissima nella cartografia. Oltre a ciò, delle prospettive essa è l'unica che nella orizzontale dia la possibilità di rappresentare più di un emisfero: basta prolungare le curve entro i limiti di un rettangolo qualunque, come abbiamo ottenuto nella Fig. 11 della Tav. 1.ª.

È fuori di dubbio (1) che l'invenzione del *planisfero*, o proiezione stereografica, si deve attribuire ad Ipparco (2) e quindi risale a un secolo e mezzo circa prima di Cristo. Chi però la divulgò e la trattò ampliamente fu Tolomeo (3), considerandola sempre sotto l' aspetto astronomico, e in seguito gli Arabi (4), che alla polare, solamente allora conosciuta, aggiunsero la orizzontale. Fra i teoremi fondamentali di questa classe di projezioni è quello della conservazione dei circoli, che certamente dovette essere noto a *Tolomeo*, ma fu enunciato e dimostrato soltanto ai primi del secolo XIII da Giordano Nemorario (5). Dopo l'enunciazione di questo teorema dobbiamo arrivare fino alla metà del secolo scorso, attraverso ad una quantità di scrittori che si occuparono di tale projezione (6), per trovare enunciato l' altro importantissimo teorema della conservazione degli angoli. Lo si trova infatti esposto nel *Dictionnaire universel de mathématique et de phisique del* Saverien (7). L'uso del planisfero nelle carte geografiche non entrò se non dopo le scoperte dei Portoghesi e di C. Colombo e sarebbe fuor di luogo il volere anche brevemente riassumere la storia di questo modo di projezione dal secolo XVI in poi; ci basti notare i nomi di coloro che maggiormente contribuirono a divulgarne l' applicazione ed a perfezionarne la costruzione. Così nel secolo XVI non dobbiamo passar sotto silenzio Pietro Apiano (8), Egnazio

(1) Sulla storia della stereografia cf. il dotto paragrafo del Fiorini, op. cit. p. 144 e seg.

(2) Cf. a tale proposito il Danti, *Trattato dell' uso e della fabbrica dell'astrolabio*, Fiorenza, 1568; ed il Delambre, *Histoire de l'astronomie ancienne*, T. II, p. 453; i quali si basano sull'autorità del Sinesio (*Synesii Episcopi Cirenes opera quæ extant omnia nunc primum græce et Latine condita. Lutetiæ*, 1612).

(3) La Geografia di Tolomeo e il Planisfero furono stampati per la prima volta in Roma nel 1508.

(4) Fu Abuiçac Azarquiel di Toledo, che alla metà del secolo XI inventò la projezione orizzontale. L' opera sua però fu compiuta nel secolo XIII, per ordine di D. Alfonso X, re di Castiglia.

(5) Giordano Nemorario visse intorno alla prima metà del secolo XIII. Oltre al trattato del Planisfero scrisse dieci libri di aritmetica, un trattato *de ponderibus* e *de natura speculorum*.

(6) Fra quelli che portarono qualche innovazione nel planisfero notiamo; Giovanni Stoefler (*Elucidatio fabbricæ ususque astrolabii a Joanne Stoflerino in lucem edita* Oppenheim 1513). — Reisch (*Margarita philosophica*). — Gemma Frisio (*Gemmæ Frisii medici ac mathematici de astrolabio catholico liber*, Antuerpiæ, 1556). — Guidobaldo Del Monte (*Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis Planispheriorum universalium theorica* Pisauri 1579). — Regnart (*Astrolabiorum seu utriusque planisphærii universalis et particularis usus*. Romæ 1630). — Bion (*L' usage des astrolabes*, Paris, 1702). — Maurolico da Messina (*De astrolabii theoria et fabrica;* a pag. 61 della raccolta: *D. Francisci Maurolici abbatis Messanensis opuscola mathematica*, Venetiis 1575). — Daniele Barbaro (*La pratica della prospettiva*, Venezia 1569).

(7) Enunciato dal Saverien, questo teorema fu poi dimostrato dal Roberst (*Elementi di navigazione*, 1754).

(8) *Cosmographia Petri Apiani per Gemmam Frisium*-Anversa 1550; al cap. XIX che porta per titolo: *De speculo cosmographico.*

Digitized by Google

DANTI (1), il WERNER (2), ORONZIO FINEO (3), GERARDO MERCATORE (4), e i suoi divulgatori. Nel secolo XVII il MERULA (5), il FOURNIER (6), il VAREN (7), NICOLA SANSON (8), il CORONELLI (9), GUGLIELMO DELISLE (10). Nel passato secolo l'HASSE (11) nell' atlante dell' HOMANN, l'EULERO (12) nell'atlante dell' Accademia di Berlino del 1754, e da ultimo il BONNE (13). Nel nostro secolo finalmente basti notare le opere del LAPIE (14) e del DE COATPONT (15), per non nominare le numerose riproduzioni anche di atlanti scolastici. Bastano questi cenni per sommi capi a mostrare l'importanza di tale projezione che delle prospettiche è quella che offre senza dubbio i maggiori vantaggi.

4. Nelle projezioni *ortografiche* adunque il punto di vista è la distanza infinita, i raggi visuali vengono paralleli a sè stessi e perciò ogni punto della superficie terrestre verrà rappresentato sul piano di projezione dal piede della perpendicolare, abbassata da detto punto al piano stesso. Per conseguenza i meridiani o paralleli, che sono perpendicolari al piano di projezione verranno rappresentati da linee rette, quelli che sono paralleli da circonferenze e gli obbliqui da altrettante ellissi.

Considerando la projezione *polare*, è evidente come i meridiani debbano risultare linee rette; mentre l'equatore (che limita la rappresentazione dell'emisfero) e i paralleli risulteranno circonferenze. Tutto il problema si riduce adunqne nel trovare il raggio di questi ultimi. Si abbia la circonferenza ABCD (Tav. I^a, Fig.12); se essa rappresenta l'equatore, nel suo centro P sarà projettato il polo. Dividendola di 15° in 15°, cioè in 24 parti uguali, e congiungendo con linee rette i punti opposti, avremo segnati i meridiani. Si abbassino poi sulla PB i seni degli archi di 15°,30°.... e avremo così le rette P*a*, P*b*.... raggi delle circonferenze cercate, cioè dei paralleli di 15° in 15.°

Non così facile è la projezione *equatoriale*, poichè, mentre il meridiano mediane e i paralleli, essendo perpendicolari al piano di projezione, risultano linee rette, gli altri meridiani sono obliqui e quindi nella costruzione diventano ellissi, delle quali è necessario segnare alcuni punti. Divisa la circonferenza, come al solito, in 24 parti, (Tav. I.^{a}, Fig. 13) basterà congiungere E con E' per ottenere l'equatore, tirare PP' per avere il meridiano mediano e per i punti di divisione segnare altrettante parallele all'equatore, perchè si abbiano paralleli di 15° in 15°. Su questi poi è necessario determinare i punti di passaggio dei vari meridiani. Il problema si riduce ad una semplice costruzione grafica, col mezzo di una figura d'aiuto, che è il triangolo equilatero ABC (Tav. 1.ª, Fig. 14), il quale ha per lato il raggio della circonferenza stessa. Sulle CA CP da C, nonchè sulla AB da A si trasportino le divisioni ottenute sulla OP e si congiungano così il punto C con *a*, *b*, . . *e*, nonchè 15 con 15, 30 con 30, . . . Basterà ora riportare sull'equatore le divisioni ottenute sulla AB tanto da una parte come dall'altra del centro O, e sui paralleli di 15,30, . . pure le divisioni delle rispettive rette del triangolo. In tal modo su ogni parallelo abbiamo una serie di punti, che, a partire da P fino in P', verranno congiunti con curve, le quali saranno le ellissi cercate.

Passando alla projezione *orizzontale;* non possiamo accennare neppure di volo al modo di costruzione, perchè troppo lungo e complicato ne è anche il sistema grafico. Del resto, nelle ordinarie rappresentazioni per molte ragioni, a cui avremo occasione di accennare, è preferibile la *stereografia orizzontale*. Tranne il meridiano mediano, tutte le altre coordinate geografiche sono oblique al piano di projezione e quindi vengono rappresentate da altrettante ellissi, di cui è necessario determinare i punti di passaggio. Ci basta averla costruita nella Tav. 1.^{a} alla Fig. 15, acciocchè si possa vedere come le terre risultino disegnate, prendendo a base del disegno l'orizzonte del punto M, a cui fu assegnata la latitudine nord di 60°. In P quindi resta projettato il polo settentrionale e intorno a questo si aggirano i paralleli e per esso passano i meridiani.

Come già dicemmo, le projezioni *ortografiche* rappresentano la Terra quale realmente la si vedrebbe, trovandosi l'osservatore a grande distanza da essa; il disegno quindi prende l'aspetto di convessità, mentre nelle *stereografiche* apparisce la concavità. Per conseguenza le terre, che si trovano presso il centro del disegno, saranno rappresentate in modo relativamente assai vicino al vero, mentre le figure all'orlo verranno impicciolite nel modo il più strano. Avviene l'opposto di quello che abbiamo osservato nella *stereografia*, dove le figure vengono ingrandite allontanandosi dal centro, colla differenza che, mentre in questo caso esse si mantengono simili,

(1) *Trattato dell'uso e della fabbrica dell'astrolabio*, Fiorenza 1568.

(2) Sull'opera del Werner V. FIORINI op. cit p. 127 e D'AVEZAC, op. cit. p. 46.

(3) *Orontii Finei Delphinatis opus varium*, Parisiis 1532.

(4) L'opera del Mercatore non fu da lui pubblicata ma venne alla luce un anno dopo la sua morte. Gli eredi la cedettero ai fratelli ONDIO. La più antica edizione è del 1595 poi vengono quelle del 1606 e del 1633.

(5) *Pauli Merulæ cosmographiæ generalis libri tres, item geographiæ particularis libri quatuor*, 1605.

(6) *Hydrographie composé par Georges Fournier*, Paris 1667.

(7) *Bernardi Varenii Geographia generalis illustrata ab Isacco Newton*, editio IV, 1715.

(8) *Autore N. Sanson Abbavilleo.... Lutetiæ Parisiorum* 1679.

(9) Nel 1693 pubblicò un mappamondo stereografico in Venezia.

(10) Alla fine del 1600 sotto il nome di Delisle uscirono parecchie carte stereografiche (v. LALANDE, *Astronomia*).

(11) V. *Introduction a la géographie mathématique et critique, par S. F. Lacroix*. Nouvelle édition, Parigi, 1847.

(12) *Atlas Geographicus omnes orbis terrarum regiones in XLI tabulas exhibens*, Berlino, 1754.

(13) Nella grande enciclopedia francese del secolo scorso pubblicò tre mappamondi stereografici.

(14) V. op. cit. nota 15.

(15) *Propriété et construction d'un carte des deux continents en projection azimutale équivalente par le Colonel de Coatpont* (V. Bul. de la Societé de Géog. de Paris, Fevrier 1877).

Digitized by Google

perchè sempre retti si mantengono gli angoli, formati dalle coordinate geografiche, nel caso delle *ortografiche* gli angoli non restano simili e quindi le terre risultano tanto sformate da perdere spesso ogni somiglianza colla realtà. Da ciò risulta che questo modo di projezione, e specialmente l'equatoriale, venga adoperato spessissimo nelle carte celesti, qualora si debba, ad esempio, rappresentare il sole o la luna quali li vediamo dalla terra.

Il più antico autore (1) che parli della projezione *ortografica* è TOLOMEO, che ne scrisse un trattato, chiamandola *analemma* (2), trattato che nel suo testo greco andò perduto. Si può però supporre che essa fosse nota anche agli antichi e specialmente ad IPPARCO. Ad ogni modo dopo TOLOMEO entriamo in un lungo periodo di silenzio; l'*analemma* venne tramandato ai geografi d'Europa dagli ARABI, come vedemmo avvenire della *stereografia*, ed è certo che RABICAG DI TOLEDO (3) ne dovette essere uno dei più importanti volgarizzatori. Solo nel 1550 essa venne in Europa sostituita alla *stereografica* dal ROJAS (4) e appunto da questo tempo abbiamo una serie di trattati e di descrizioni, però sempre riferendosi all'applicazione della proiezione alle carte celesti (5), e fu solo alla metà del nostro secolo che il LAGUILLERMIE (6) la introdusse nella geografia, e il GARNIER (7) nel 1862 la usò largamente nel suo *Atlante sferoidale*.

5. Colla proiezione *centrografica* non è possibile la rappresentazione di un emisfero in una sola figura, ma sono necessari tanti quadri, quante sono le faccie del poliedrio regolare od irregolare che si è circoscritto od inscritto alla sfera. Il caso più semplice, che noi prenderemo ad esaminare, è quello del cubo circoscritto, in modo che due faccie siano tangenti ai poli e le altre quattro tangenti all'equatore; così avremo due proiezioni *polari* e quattro *equatoriali*. Tutte le altre infinite posizioni, che il cubo fosse per assumere rispetto alla sfera terrestre, darebbero luogo ad altrettante proiezioni *centrografiche orizzontali*, le quali, anche nel caso più semplice del cubo, riescono tanto complicate nella loro costruzione, che noi dobbiamo rinunciare all'idea di darne una spiegazione.

La costruzione della *centrografica polare* è assai semplice, essendo che i paralleli risultano circonferenze concentriche al polo e i meridiani linee rette al polo stesso convergenti. Si abbia (Tav. 1.ª, Fig. 16) il quadrato EFGH circoscritto alla circonferenza ABCD, la quale rappresenti il 45° di latitudine Nord, per cui in P sarà projettato il polo. Sia essa divisa in 36 parti eguali, cioè di 10° in 10°, e avremo, che le rette, le quali congiungono i punti diametralmente opposti, prolungate fino ai lati del quadrato, rappresenteranno i meridiani di 10° in 10°. I raggi poi dei paralleli saranno le distanze *Ca*, *Cb* . . .

Nella proiezione *equatoriale* i meridiani sono pure linee rette, ma i paralleli sono rappresentati da curve speciali di cui è necessario trovare i punti di passaggio. Si abbia il quadrato ABCD (Tav. 1.ª, Fig. 17); si congiungano fra loro i punti di mezzo dei lati opposti colle due rette EF, HG, la prima delle quali rappresenterà un sesto dell'equatore, e la seconda un sesto del meridiano mediano. Da O con raggio OE si tiri l'ottante EK, lo si divida in 6 parti uguali, tirando per esse altrettanti raggi, i quali, prolungati, andranno ad incontrare il lato EC nei punti *a*, *b*, *c*, . . . Si trasportino queste divisioni da H sulle HA ed HB e da N sulle NC ed NE e, congiungendo i punti opposti, in tal modo ottenuti, si avranno i meridiani di 10° in 10°. La seconda parte del problema è quella di segnare su ciascun meridiano i punti di passaggio dei paralleli; per il meridiano mediano essi vengono dati dalle intersezioni dei meridiani colla retta OE, che rappresenta $^1/_{12}$ dell'equatore; pel primo meridiano ad oriente e ad occidente del mediano, dalle intersezioni dei meridiani colla retta O*a*; pel secondo meridiano dalle intersezioni segnate sulla O *b*, e così di seguito finchè sono segnati tutti i punti cercati; se essi vengono congiunti a mano libera, risulteranno le curve dei paralleli di 10° in 10°.

Il nome di *centrografica* (1) fu dato a questa projezione dal FIORINI (2); prima di lui il LAMBERT (3) la chiamò *centrale;* mentre nei secoli

(1) Cf. FIORINI, op. cit. p. 178 e seg. — DELAMBRE, op. cit. — GRETSCHEL, op. cit. p. 109 e seg. — STEINHAUSER, op. cit. p. 89 e seg. — TISSOT, op. cit. p. 137 — Cf. pure PUISSANT, GERMAIN e DOERGENS; ultimamente ne scrisse il THOULET nel *Bul. de la Soc. de Géog. de Paris*, 6ª serie tom. X. p. 468.

(2) In mancanza del testo Greco abbiamo però una versione latina che fu instaurata e commentata dal COMMANDINO; *Claudii Ptolomei liber de analemmate, a Federico Commandino Urbinate instauratus et commentariis illustratus, qui nunc primus eius opera a tenebris in lucem prodit. Romæ.* MDCLII. *Apud P. Manutium Ald F.*

(3) *Libros del Saber des Astronomia del rey D. Alfonso X de Castilla.* Madrid 1863.

(4) *Illustris viri D. Joannis de Rojas commentarium in Astrolabium quod Planisferium vocant, libri sex nunc primum in lucem aediti, Lutetiæ* 1550.

(5) Già prima del ROJAS (op. cit, prefazione e cap. I°) a detta dello stesso autore tale projezione fu ampliamente trattata da GEMMA FRISIO e dall'HELD. In seguito ne parlarono: Il DANTI alla parte quarta del *Trattato dell'astrolabio*, alla quale diede iltitolo: *Dichiarazione delle parti del planisfero del Rojas con il modo di annestarlo nell'astrolabio ordinario e l'uso suo in 35 proposizioni.* — Il GUIDOBALDO, *Planispheriorum universalium theorica*, Pisauri, 1579. libro secondo. — Il D. AGUILLON, *Opticorum libri sex*, Anversa, 1613, seguendo VITRUVIO, diede a questa projezione il nome di *ortografica* mentre prima si nominava *planisfero* a rischio di confonderla colla *stereografia*. — Il FOURNIER. *Hydrographie.* — Il VAREN, *Geographia universalis.* — Il BION, *L'usage des astrolabes* Parig, 1702.

(6) LAQUILLERMIE, *Atlas sphéroïdal*, 1843.

(7) GARNIER. *Atlas sphéroïdal et universel de géographie.* Fol. 60 cartes. Paris, Renouard, 1862.

(1) Sulla projezione *centrografica* parlano ampliamente il GEMMA, il VAREN, il LAMBERT, il MAYER, il PUISSANT, lo STEINHAUSER, il GERMAIN, il DOERGENS, il GRETSCHEL, l TOULET, il FIORINI. (opere già citate).

(2) Il FIORINI (op. cit. p. 161) dice di usare questo nome sia per consonanza alle altre prospettive, sia per non equivocare con altre denominazioni.

(3) Oltre al LAMBERT (*Lan-und Himmelskarten*, nel Tom. III del *Beyträge zum Gebranche der mathematik*

Digitized by Google

scorsi era detta *gnomonica* (1), e nell' antichità *oroscopo*, ed è appunto sotto questo nome che la troviamo usata da TALETE per la costruzione degli orologi solari (2). La proprietà di questa projezione di rappresentare le prospettive dei circoli celesti, quali sono visti dal centro della sfera celeste, cioè dal centro della Terra, fece sì che essa trovasse una larga applicazione nelle carte astronomiche; e solo nel secolo nostro essa venisse usata negli studi geografici (3). Furono specialmente i geologi, che, per certe sue proprietà speciali (4), la adoperarono di frequente. Basti citare i lavori di ELIE DE BEAUMONT (5), del FOUCOU (6), del CHANCOURTOIS (7), del THOULET (8).

6. Entreremmo in questioni di matematica superiore se volessimo anche superficialmente trattare delle projezioni *scenografiche*. Visto che le projezioni *ortografiche*, col punto di vista a distanza infinita, producono nel disegno delle figure della superficie terrestre un forte impicciolimento e gravi contorsioni, e come invece le *stereografiche*, essendo il punto di vista sulla superficie terrestre, cagionano degli ingrandimenti verso l'orlo del disegno, era naturale che si cercasse di porre l'occhio dell'osservatore a tale distanza dalla Terra, da eliminare in parte gli inconvenienti delle une e delle altre. Il punto fondamentale del problema sta quindi nello stabilire la posizione del punto di vista, a seconda della quale varieranno le formule determinanti le curve della projezione.

Già il D' AGUILLON, parlando della *Scenografia* (1), aveva detto: *Tertium, quod scenographice vulgo nominatur, in justo oculi intervallo* (2). Questo vago accenno alla giusta posizione del punto di vista fu poi concretato nel 1701 dal LA HIRE (3), ponendo il punto di vista alla distanza del seno di 45° dalla superficie terrestre. L'anno seguente il PARENT (4) suppose l' occhio ad una distanza tale da uguagliare col semiasse del circolo di projezione il lato del triangolo equilatero inscritto in un circolo massimo. Nel 1824 l'incisore inglese G. LOWRY (5) costruì un mappamondo scenografico prendendo il punto di vista in una posizione assai prossima a quella del LA HIRE. Nel 1857 il colonnello inglese E. JAMES (6) invece ne stabilì la distanza uguale al seno di 30°. Nel 1862 il capitano A. R. CLARKE (7), nell'intento di perfezionare la projezione di James, prese come incognita anche la posizione del piano di projezione.

Sviluppi.

7. Tutte le projezioni prospettiche, come abbiamo avuto occasione di osservare, presentano degli inconvenienti; non si prestano sempre a dar soluzione a tutti i problemi che il geografo si propone, per cui fin dall' antichità, mentre esse erano usate nelle rappresentazioni astronomiche, si pensò ad un altro genere di disegni, generati dallo *sviluppo di superficie osculatrici o penetranti*.

Si supponga che un cilindro o un cono, che sono sviluppabili su di un piano, siano tangenti alla sfera terrestre secondo un dato parallelo, oppure penetranti secondo due paralleli; si sup-

und deren Anwendung, Berlino, 1772) la chiama *centrale* anche il PUISSANT (*Traité de Topographie*, Parigi 1820).

(1) Venne detta *gnomonica* appunto perchè serve alla costruzione degli orologi solari, fondati sulla teoria dell'ombra del *gnomone*.

(2) Cf. D' AVEZAC op. cit.

(3) I Geografi furono indotti ad usarla nelle carte terrestri specialmente per le due proprietà di projettare secondo linee rette le distanze fra due punti della superficie sferica, e di deformare pochissimo le parti, poste nel centro della carta. (Cf. a tale proposito l'opera: *Introduction a la Géographie par Lacroix*, n. ed., Paris 1847. p. 104). Uno dei primi ad adoperarla fu il REICHARD che pubblicò nel 1803 un mappamondo in 6 tavole risultanti dal cubo circoscritto.

(4) « L' importanza che i geologi attribuiscono alla projezione centrografica sta essenzialmente in ciò, che i circoli massimi della sfera si projettano secondo linee rette e quindi le carte centrografiche sono attissime a mostrare, se certi fenomeni geologici si manifestano o no secondo dati allineamenti della scorza terrestre, se ad esempio la vulcanicità, attuale o passata, presenta caratteri di allineamento, se sono allineate le sorgenti di petrolio, se i depositi bituminosi ed i minerari sono distribuiti secondo leggi riferentisi a dati circoli massimi del Globo » (FIORINI, op cit. p. 169).

(5) Cf. *Comptes rendus de l'Ac. des sciences de Paris*, T. XXXI, p. 325; XXXIII, p. 134; LVII, 121; LVIII, 306, 341, 394. Dello stesso autore: *Notice sur les système des montagnes*, Paris, 1852. Nonchè la memoria del GRAD: *Examen de la théorie des systèmes de montagnes dans ses rapports avec les progrés de la stratigraphie*, inserita nel *Bulletin de la Soc. de Géog. de* Paris, VI serie, T. I°.

(6) La memoria del FOUCOU: *Sur une grande carte manuscrite de l'Europe et de contrées adjacentes, dressé d'après le système de la projection gnomonique* è inserita nei *Comptes rendus*... ecc, T. LXVIII p. 377. Cf. pure *Bulletin de la Soc*.... T. XVII p. 471.

(7) Nei *Comptes rend*... T. LXXVII p. 990 e nel *Bulletin de la Soc*...., 1874 avvi la nota del CHANCOURTOIS: *Carte du globe en projection gnomonique avec le réseau pentagonal superposé accompagnée d'une note explicative*, Altra memoria dello stesso autore nei *Compt. rend*..... T. LXXVIII p. 794 o nel *Bulletin de la Soc*...., 6ª serie T. VIII p. 240.

(8) Gli studi del THOULET sono inseriti nei *Comptes rend*. T. LXXVIII, p. 627 e T. LXXXII, p. 264, nonchè nel *Bul. de la Soc*..., 6ª ser. T. VIII p. 171.

(1) Gli antichi conoscevano la *Scenografia* quale base della pittura e della scultura.

Sulla Scenografia V. FIORINI, op. cit. p. 184 e seg. — GRETSCHEL, op. cit. p. 92 e seg. — TISSOT, op. cit. Cap. III.

(2) *Opticorum, libri sex*. p. 498 e a p. 737 soggiunge: « E tribus projectionum generibus quorum actenus sæpe numero mentionem fecimus nullum profecto est, quod æque ad vivum res spectandas in plano representet, atque scenographice; hæc siquidem ex eo aspectu fit quo res obiectæ quam accuratissime internoscuntur, nempe ex iusto oculi intervallo ».

(3) Il metodo del LA HIRE è esposto nell' *Histoire de l'Academie royale des sciences*, anné MDCCI, Paris, 1704.

(4) V. *Hist. de l'Ac.* MDCCII. p. 70 *Essais et recherches de mathématique et de phisique par M. Parent*. Paris, 1713, T, II. *Mémoires pour l'histoire des sciences et des beaux arts, Trevoux. Juillet*, 1712.

(5) V. *Bul de la Soc*..., T. IV p, 127.

(6) V. *Philosophical magazine*, Londra Aprile 1862. *Corps Papers of. the Royal Igineers*, 1858. *Mittheilungen*, 1858.

(7) *Philosophical Magazine*, Aprile 1862. p, 306.

Digitized by Google

ponga inoltre di estendere i piani dei paralleli e dei meridiani fino a tagliare la detta superficie, e infine di svilupparla su di un piano, e avremo una *projezione per sviluppo*. Di qui adunque la naturale divisione in sviluppi *conici* e *cilindrici*.

8. Le più semplici sono le projezioni *cilindriche*; fra queste, quella che segue esattamente il principio quale noi lo abbiamo or ora enunciato, è la *normale*, che il LAMBERT (1) ideò alla metà del secolo XVIII. La sua costruzione non ha bisogno di essere spiegata e basta osservare la fig. 20 della Tav. I.ª, per comprenderne la semplicità e per rilevarne pure gli inconvenienti. Essa infatti dà le figure equivalenti, ma le schiaccia orribilmente nel senso della latitudine, poichè, mentre i meridiani si mantengono costantemente paralleli, i paralleli si vanno avvicinando come nella projezione ortografica e quindi le figure perdono nel senso della latitudine quello che hanno acquistato nel senso della longitudine.

Non meno facili nella loro costruzione sono le così dette projezioni *piane*, che si distinguono in *quadrate* e *rettangolari*. Alla Fig. 18 della Tav. I.ª abbiamo costruito la projezione *piana quadrata* per 90° di longitudine, prendendo il lato della serie di quadrati, di cui risulta formato il disegno, lungo quanto il grado di latitudine. Gli errori risultanti da tale projezione sono evidenti, qualora si consideri che sulla superficie terrestre, mentre le figure, formate dai meridiani coi paralleli all'equatore sono trapezi che si avvicinano assai al quadrato, crescendo la latitudine essi si fanno sempre più marcati finchè al polo risultano triangoli.

La *piana rettangolare* non differisce dalla precedente se non perchè i gradi di longitudine, invece di essere uguali al grado equatoriale, si prendono uguali alla lunghezza del grado di longitudine alla latitudine media. Sia, ad esempio, (T. I, Fig. 19) un cilindro penetrante al 45° di latitudine. Attraverso al meridiano mediano si segnino i paralleli; si centri quindi al 45° e con raggio 45 A si tiri il quadrante AD, lo si divida in 9 parti uguali, le quali, trasportate sull'equatore, daranno i punti di passaggio dei meridiani. Evidentemente in questa carta gli errori minimi al 45° di latitudine vanno crescendo fino al polo da una parte e all'equatore dall'altra, ma però in scala assai minore che nelle carte *quadrate*. Per conseguenza, mentre in queste non è bene estendere la zona da rappresentarsi ad elevate latitudini, nelle *rettangolari*, o *parallelogrammatiche*, essa non si potrà estendere molto lontano dai paralleli di penetrazione.

Dalle tavole geografiche di ANASSIMANDRO (2), ARISTAGORA (1), DEMOCRITO (2), ERODOTO (3), ANASSAGORA (4), ECATEO (5), di cui pure ci giunse memoria, non abbiamo notizia alcuna, che possa autorizzarci ad avere un'opinione sul loro modo di costruzione e sulla proiezione da essi adoperata; solamente con EUDOSSO (6) ci vien dato di vedere un primo accenno, un primo embrione di projezione *piana* e di latitudine e longitudine geografica. Il punto centrale è Rodi, per cui passa il primo meridiano, nel quale in stadi si contano le latitudini, e il parallelo principale o *diaframma* sul quale pure in stadi si contano le longitudini. Enunciato così il principio scientifico della determinazione delle coordinate geografiche e del modo di rappresentarle su di un piano, non restava che perfezionare la rappresentazione stessa ed estendere le cognizioni geografiche. Al compimento dell'opera difficile e grandiosa contribuirono EFORO (7), ARISTARCO (8), PITEA (9), la spedizione d'ALESSANDRO (10), DICEARCO (11), CRATETE (12), NEARCO (13),

(1) Cf. *Beyträge zum Gebranche der Mathematik und deren Anwendung*, Berlino, 1773, in cui il LAMBERT pubblicò i suoi studi su queste ed altre projezioni

(2) ANASSIMANDRO (555 av. G C.), a detta di STRABONE (lib. I. § 11), di AGATEMERO (lib I., c. 1°) e di DIOGENE LAERZIO (*Vite dei filosofi*), fu il primo a disegnare la mappa dell'abitabile; egli prese i 9000 stadi omerici dalla Grecia alla Sicilia e i 3000 dalla Sicilia allo stretto delle Colonne d'Ercole.

(1) ARISTAGORA (504 av. G. C.) sopra una tavola metallica espose agli Spartani le distanze di 9000 stadi spartani fino all'Eufrate e 6000 per oltrepassare la capitale Susa.

(2) DEMOCRITO (450 av. G. C.) riconobbe per i suoi viaggi la maggiore estensione dell'abitabile da est ad ovest, che non da nord a sud nel rapporto da 3 a 2, cioè di 45000 stadi a 30000.

(3) ERODOTO (444 av. G. C.). La sua carta costruita secondo le sue descrizioni è riprodotta da tutte le storie della Geografia.

(4) ANASSAGORA (453 av. G. C.). sollevò per primo nella scuola Jonica l'idea della sfericità della terra, che già era universalmente accettata nella scuola Italica.

(5) ECATEO (549-472) fu di Mileto, e a detta di STRABONE e AGATEMERO, scrisse di Geografia e costruì una grande mappa dell'abitabile.

(6) EUDOSSO DA GNIDO (360 av. G. C.) fu il primo a determinare astronomicamente la posizione dei paesi sulla superficie terrestre, osservando in luoghi diversi le stelle. Secondo lui, l'abitabile era due volte più lungo nel senso della latitudine, che nel senso della longitudine.

(7) EFORO dà alla Terra la forma rettangolare prendendo il rapporto di 5 a 3 fra la lunghezza e la larghezza vale a dire 55555 5/9 stadi per la prima e 35333 5/9 per la seconda.

(8) ARISTARCO DA SAMO (280 av. G. C.) comincia ad introdurre l'uso del gnomone per la determinazione delle latitudini.

(9) PITEA DI MARSIGLIA fece per primo conoscere l'esistenza della Bretagna, determinò varie latitudini e disse la lunghezza del grado di 600 stadi, mentre prima era considerato di 883 1/3 e anche di 1111 1/9.

(10) La spedizione d'ALESSANDRO IL GRANDE contribuì alle scoperte dell'Oriente oltre l'Indo e fu feconda di studi astronomici fatti per opera della falange di dotti che lo accompagnarono. (V. le opere storiche citate).

(11) DICEARCO DA MESSINA (321 av. G. C.) fece una carta che, esposta sotto il portico dell'Accademia, fu dagli Ateniesi stimatissima. Le terre formavano un'ovale e il rapporto fra il diametro maggiore ed il minore era solo di 3 a 2. Rodi era nel centro e da Malea alle Colonne d'Ercole non v'erano che 10000 stadi omerici.

(12) CRATETE (326) fece un globo nel quale erano quattro abitabili, tre sconosciuti e uno (il nostro) noto. Questo occupava in forma di semicerchio, al di sotto di 66° una zona che si estendeva per 145° del tropico. Nello stesso emisfero dalla parte opposta stava il 2.° abitabile e gli altri due occupavano analoghe posizioni nell'emisfero australe. Le terre australi erano poi separate dalle settentrionali da una zona intertropicale inabitabile coperta dall'oceano.

(13) NEARCO (333 av. G. C.) fece nuove scoperte e nuovi

Digitized by Google

Digitized by Google

PROJEZIONI

Fig. 1

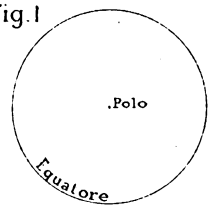
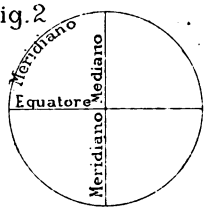


Fig. 2



Punto di mezzo

Fig. 4

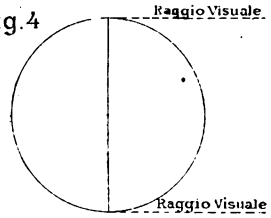
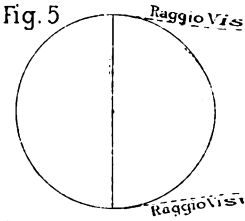


Fig. 5



Punto di vista

Fig. 3

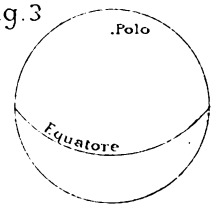


Fig. 6

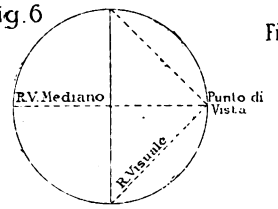


Fig. 7

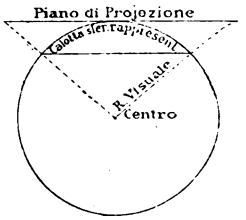
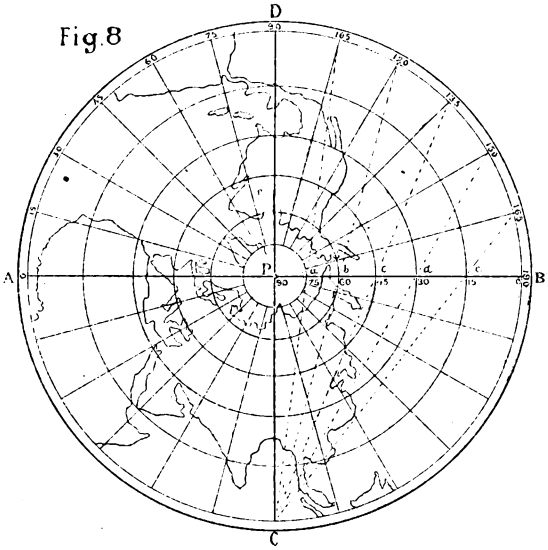
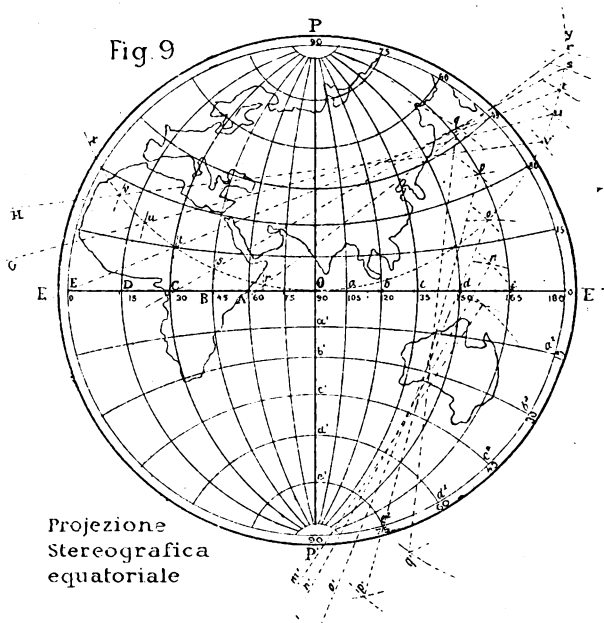


Fig. 8



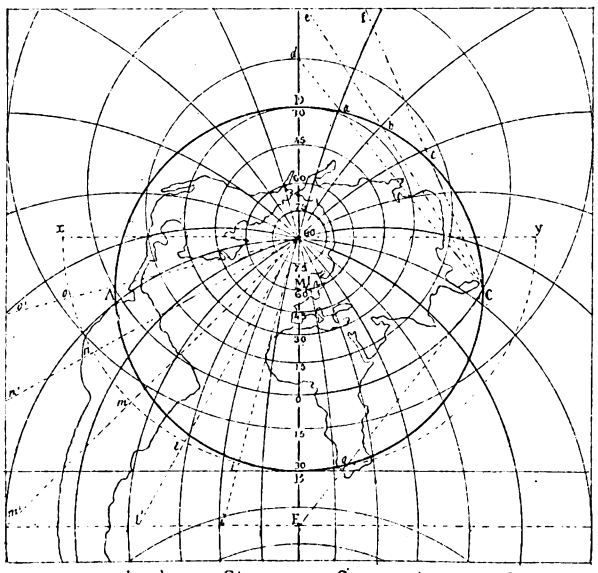
Projezione Stereografica Polare

Fig. 9



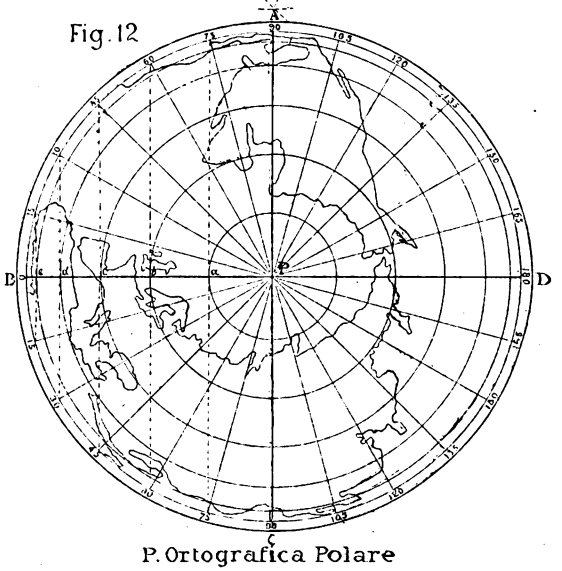
Projezione Stereografica equatoriale

Fig. 11



Projezione Stereografica orizzontale

Fig. 12



P. Ortografica Polare

Pompeo Durazzo dis.

Digitized by Google

Casa Editrice Dottor

PROJEZIONI GEOGRAFICHE

Fig. 1

Fig. 2

Punto di mezzo

Fig. 3

Fig. 4

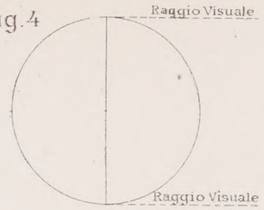


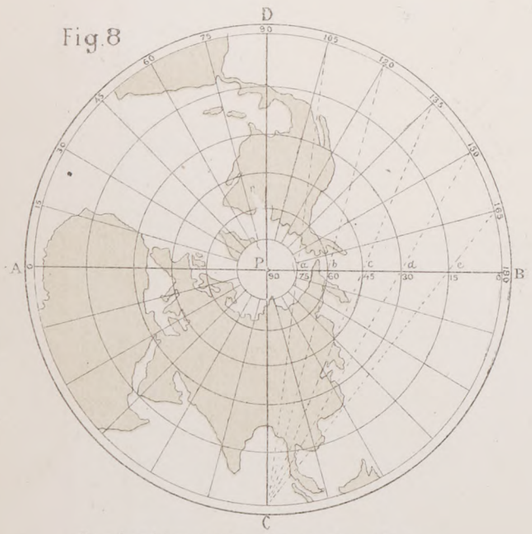
Fig. 5

Punto di vista

Fig. 6

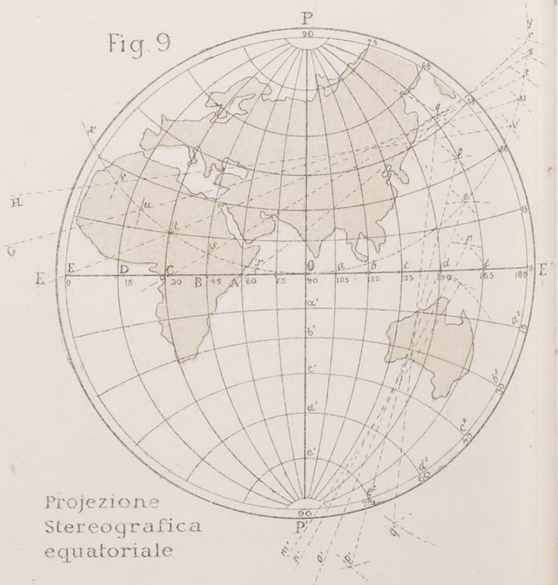
Fig. 7

Fig. 8



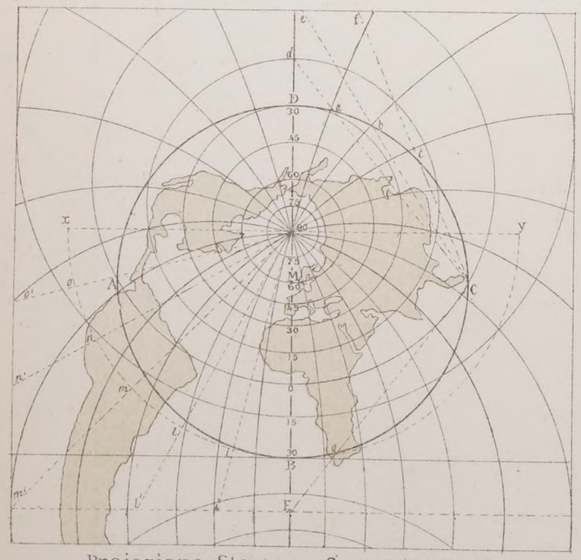
Projezione Stereografica Polare

Fig. 9



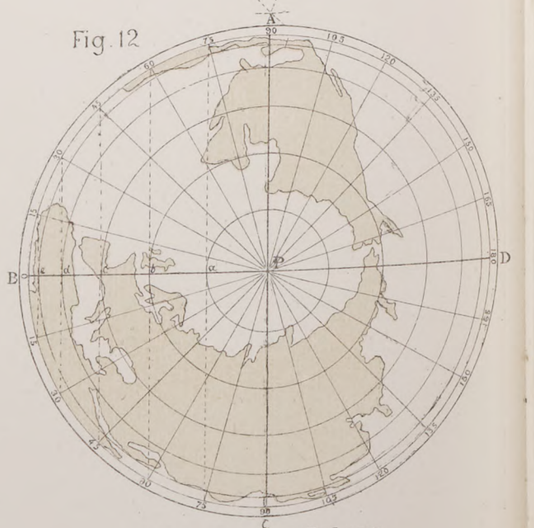
Projezione Stereografica equatoriale

Fig. 11



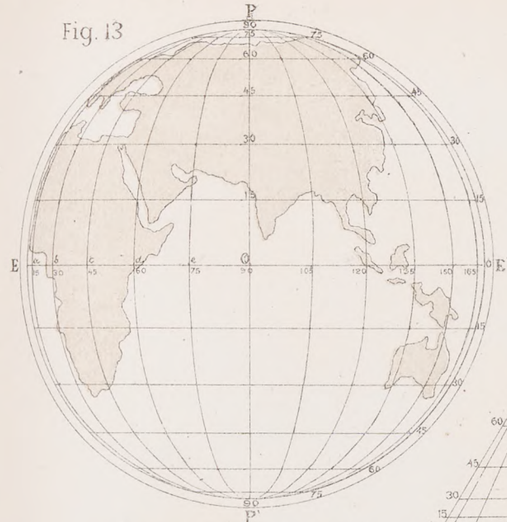
Projezione Stereografica orizzontale

Fig. 12



P. Ortografica Polare

Fig. 13



P. Ortografica Equatoriale

Fig. 14

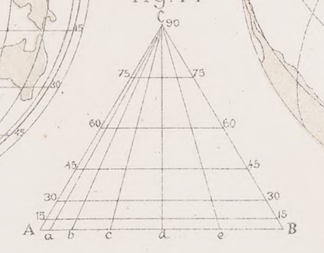
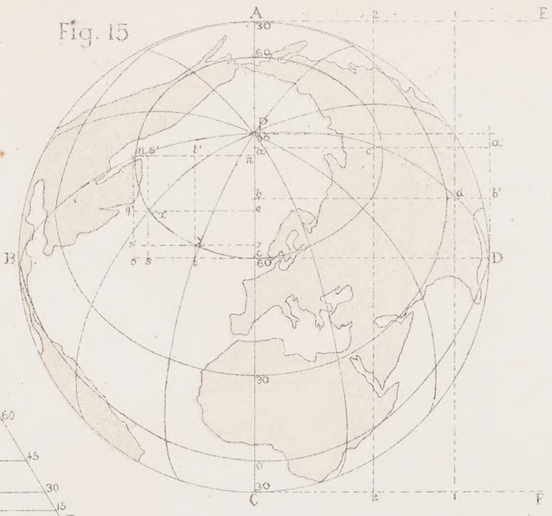
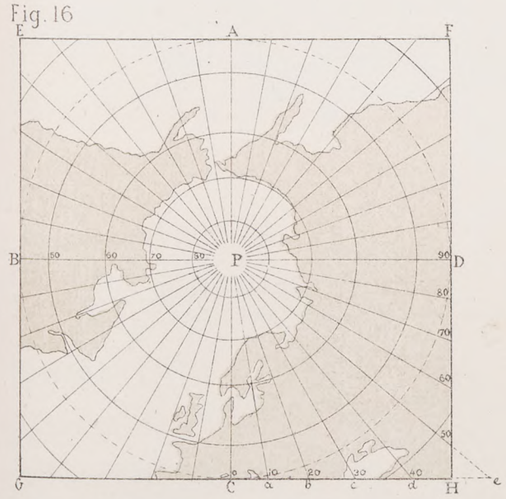


Fig. 15



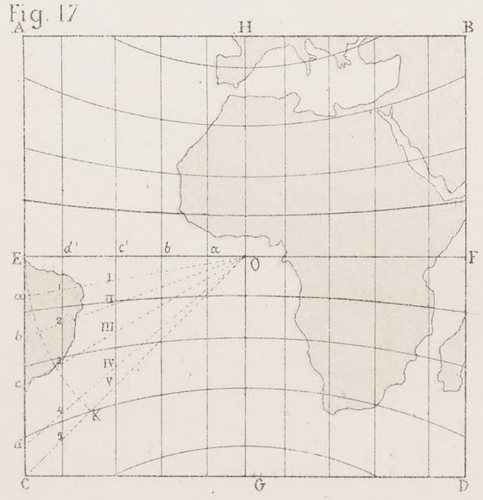
P. Ortografica Orizzontale

Fig. 16



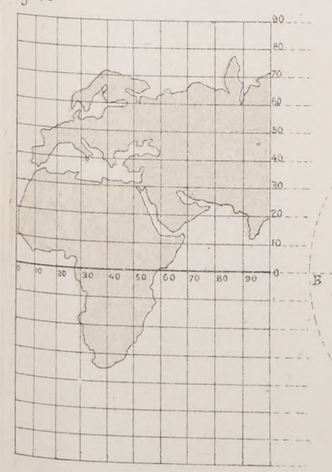
P. Ortografica Polare

Fig. 17



P. Centrografica Equatoriale

Fig. 18

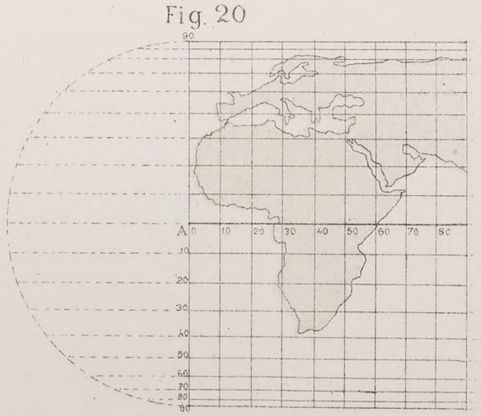


P. Piana-Quadrata

Fig. 19

P. Piana Rettangolare

Fig. 20



P. Isocilindrica Normale di Lambert

Pompeo Durazzo dis.

Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi

G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Fig. 1

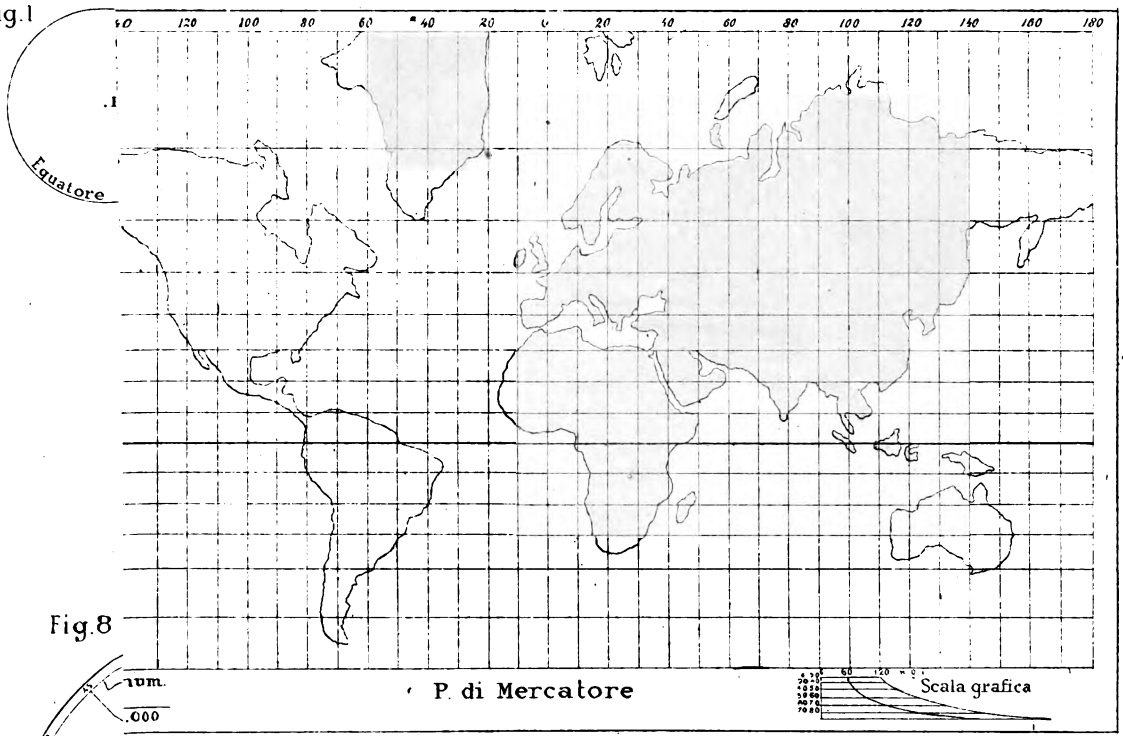
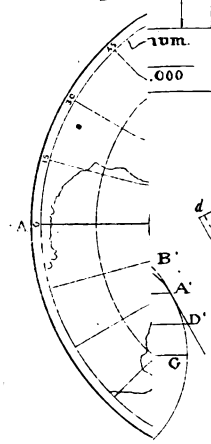


Fig. 8



Conica Tangenziale

Fig 3

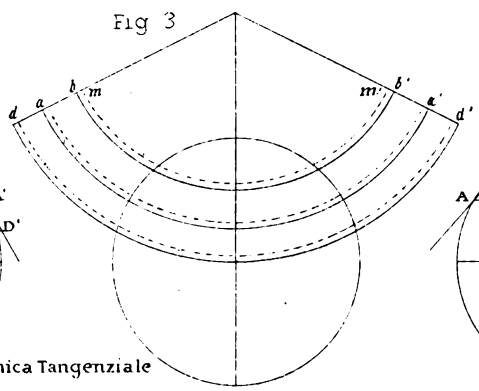
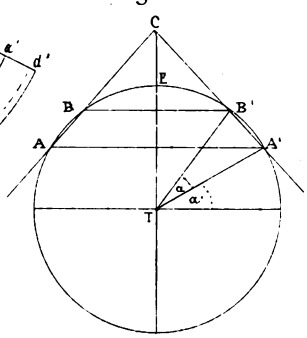
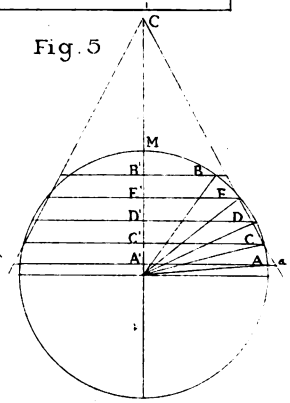


Fig. 4



P. Conica di Mercatore

Fig. 5



P. Conica di Murdoch

Fig. 11

Proje

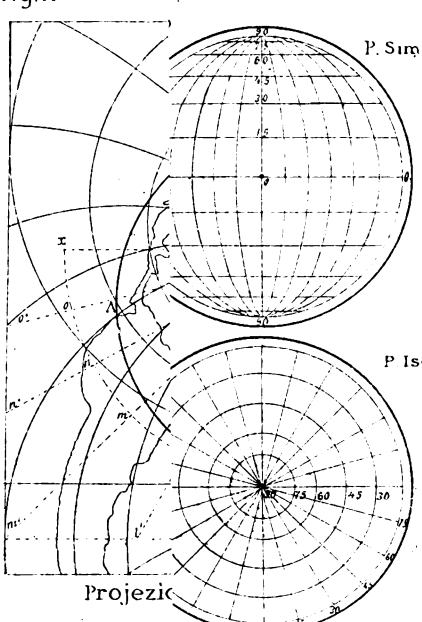


Fig. 7

P. Simmetrica

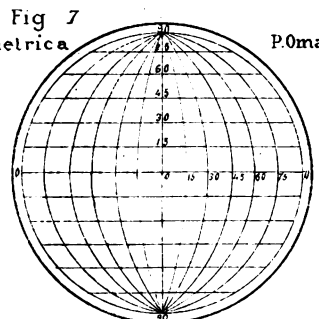


Fig. 8

P. Omalografica

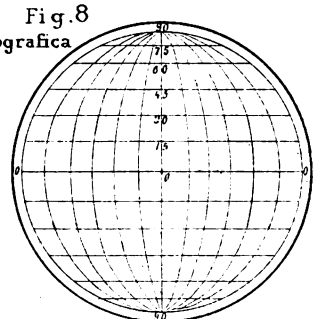


Fig. 10

P. Isosferica

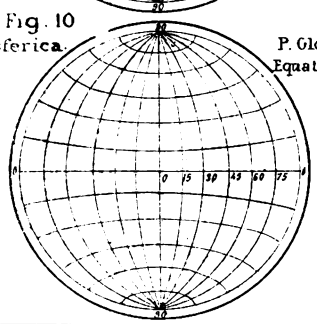
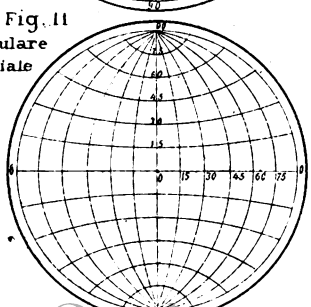


Fig. 11

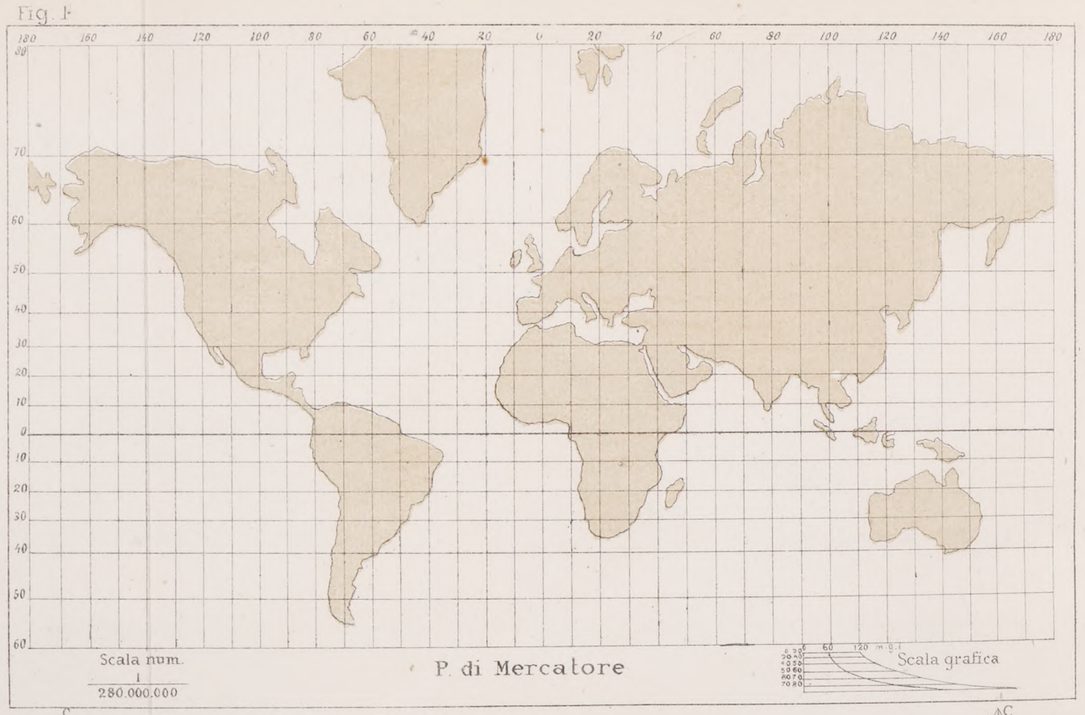
P. Globulare Equatoriale



Proiezic

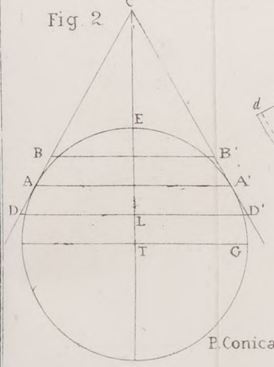
Digitized by Google

Fig. 1



P. di Mercatore

Fig. 2



P. Conica Tangenziale

Fig. 3

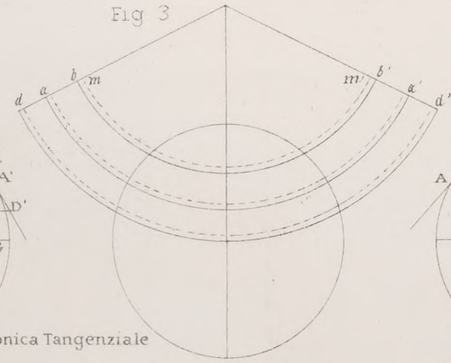
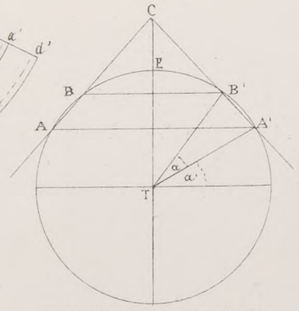
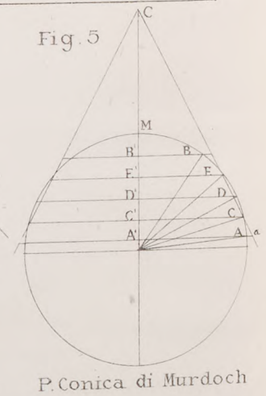


Fig. 4



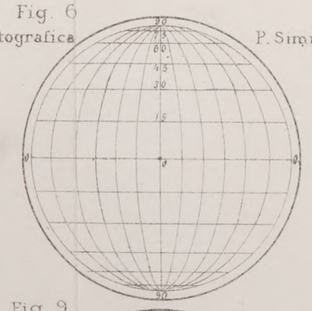
P. Conica di Mercatore

Fig. 5



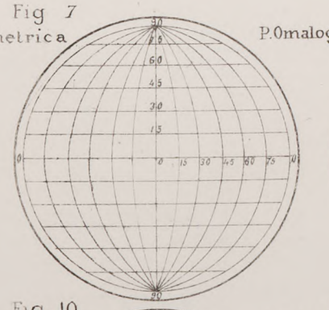
P. Conica di Murdoch

Fig. 6



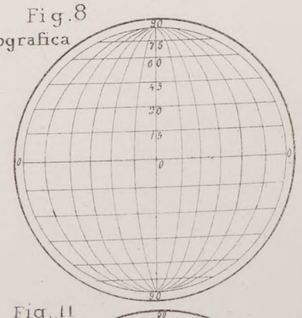
P. Pseudo Ortografica

Fig. 7



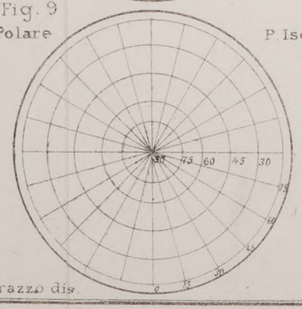
P. Simmetrica

Fig. 8



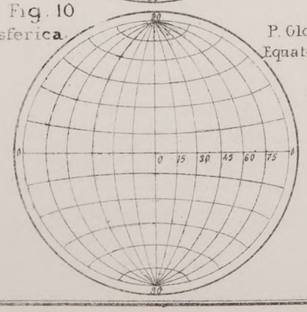
P. Omalografica

Fig. 9



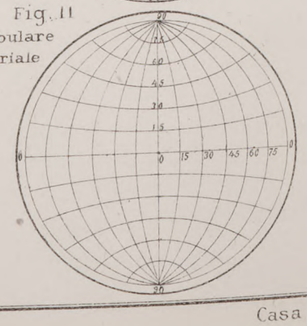
P. Globulare Polare

Fig. 10



P. Isosferica

Fig. 11

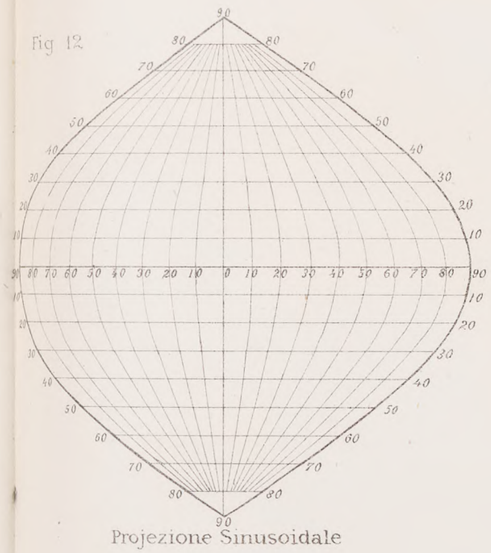


P. Globulare Equatoriale

Pompeo Durazzo dis.

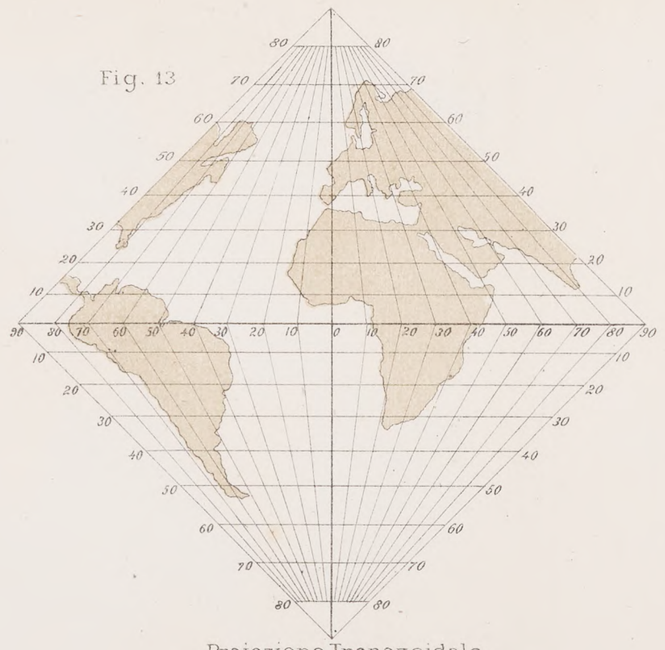
Lit. P. Porati

Fig 12



Proiezione Sinusoidale

Fig. 13



Proiezione Trapezoidale

Fig 14
P. Stellare del Pelermann

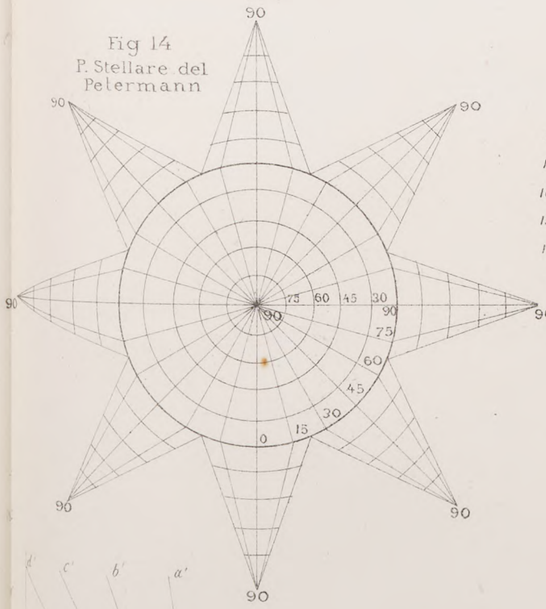
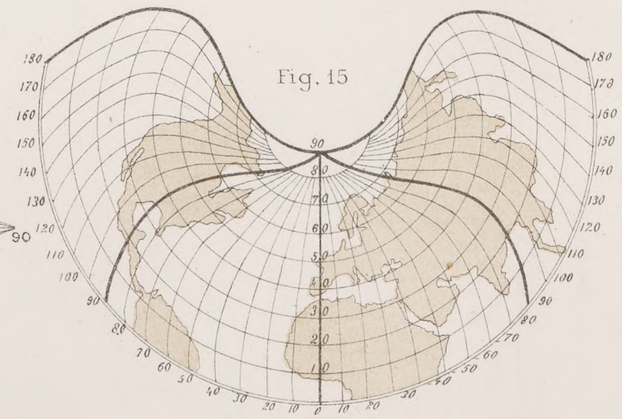


Fig. 15



Proiezione Homeotera
di Tolomeo

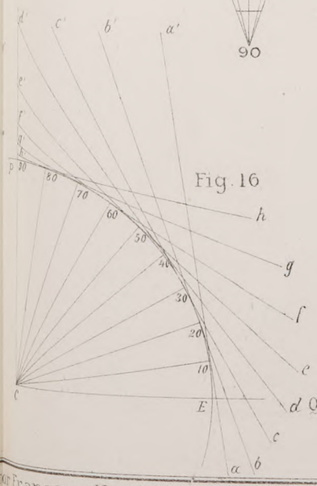


Fig. 16

d Quadrante dei coseni e Scala Universale

Fig. 17

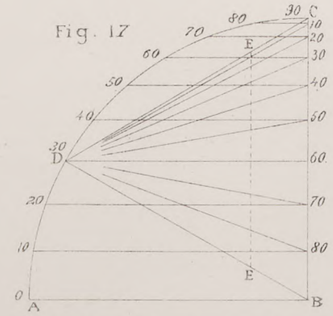
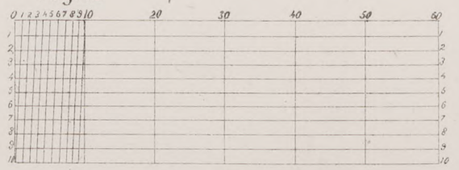


Fig. 18



Scala Ticonica

Casa Editrice Dott. Francesco Vallardi

P. Porati inc.

G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Fig. 1

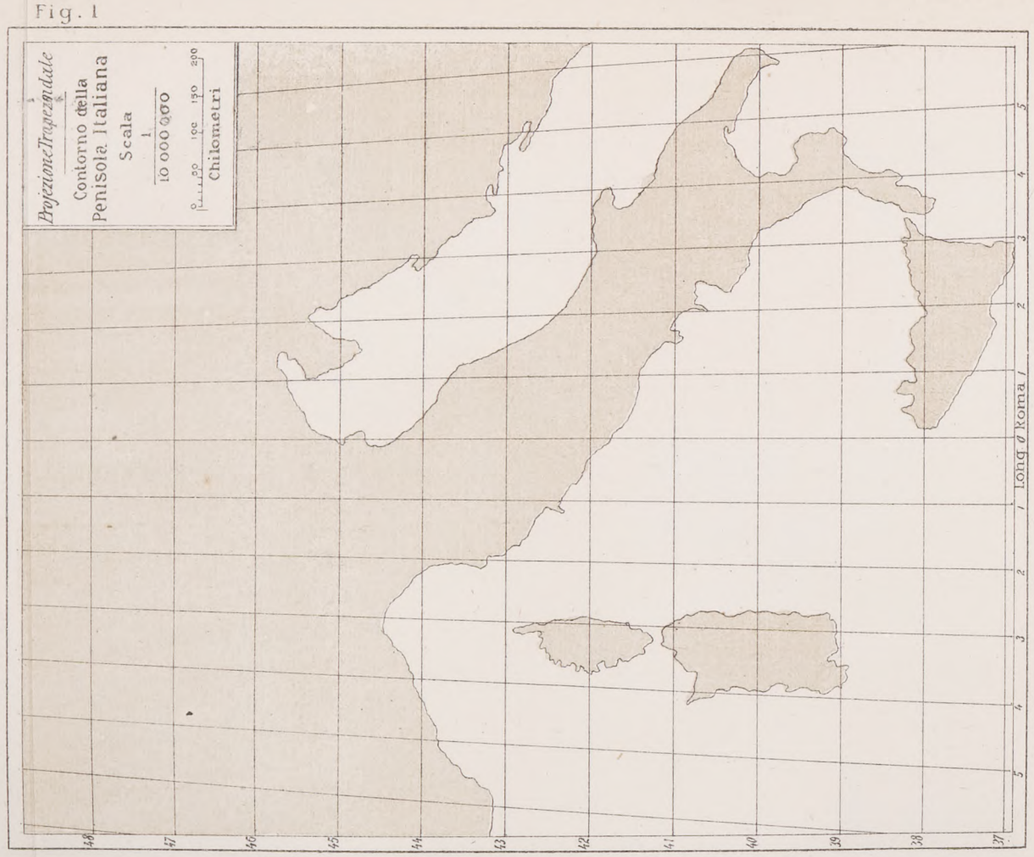


Fig. 2

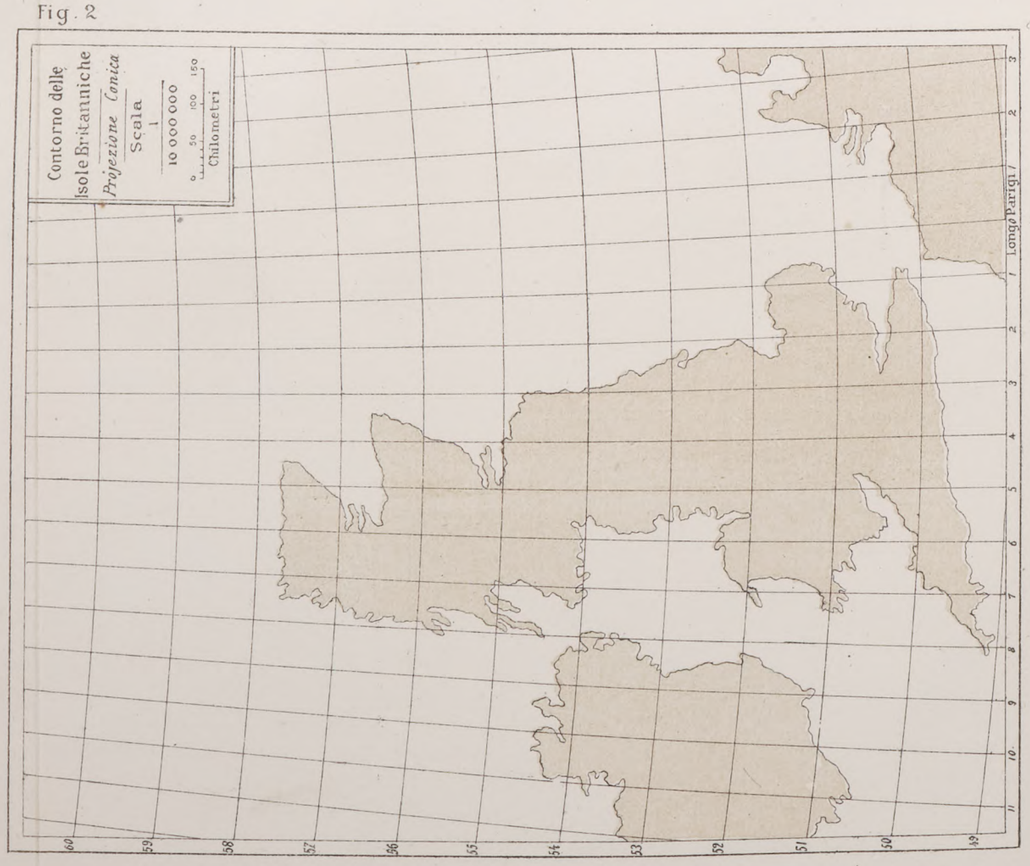


Fig. 3

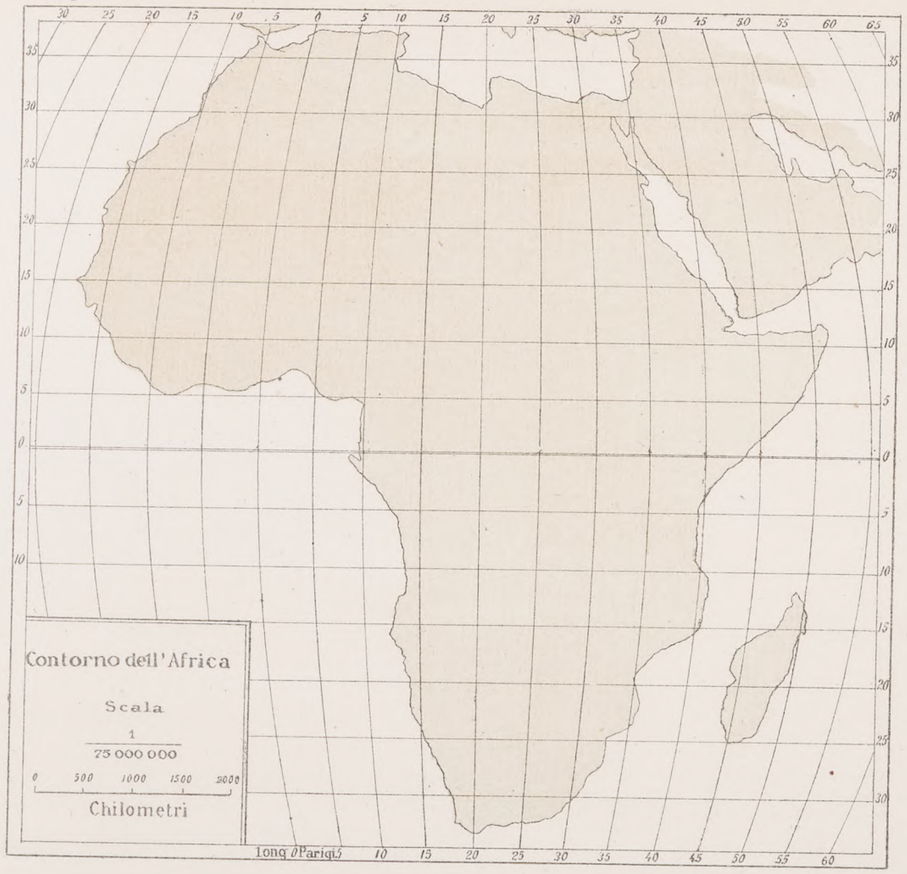
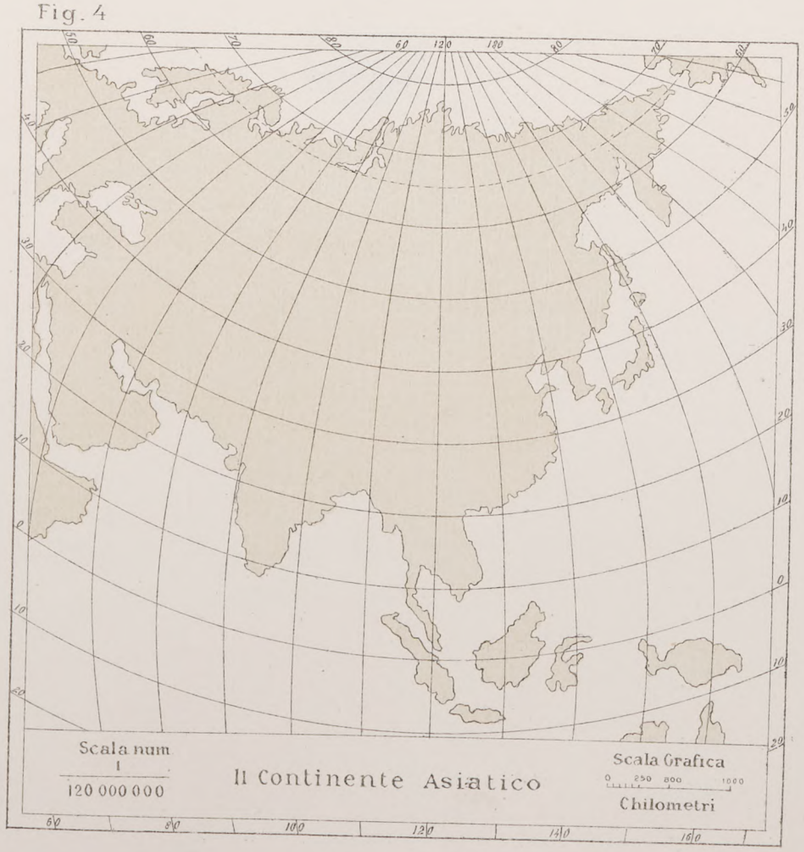


Fig. 4



Pompeo Durazzo dis.

Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi

G. Marinelli dir.

Digitized by Google

Fig. 3

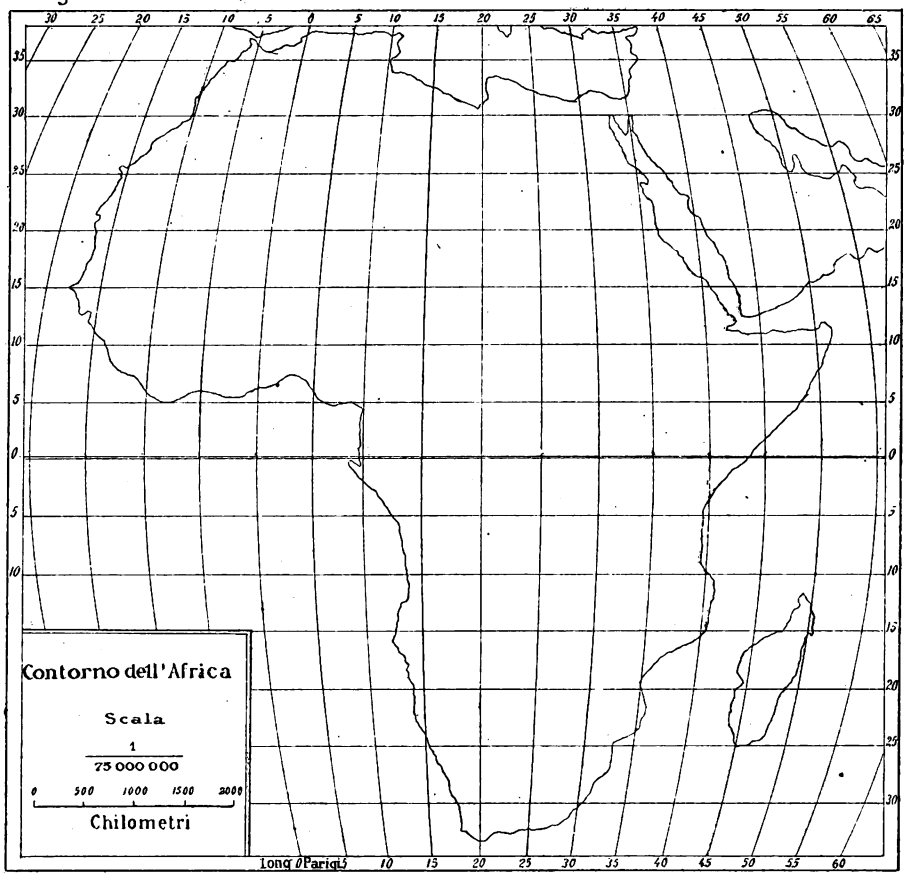
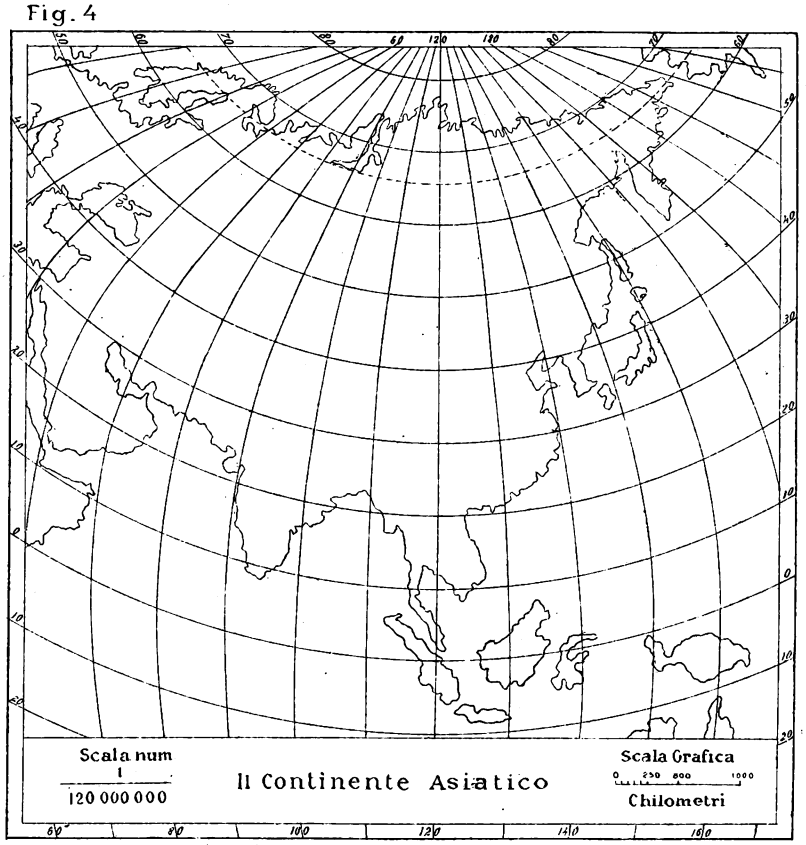


Fig. 4



Digitized by Google

BODLEIAN

Digitized by Google

Diognete (1), Beto (2), Aristone (3), Timostene (4), Eratostene (5), Ipparco (6), Artemidoro (7), Polibio (8), Posidonio (9) e la grande opera iniziata da Giulio Cesare (10) e compilata da Agrippa, e finalmente Strabone (11), che descrive in varî luoghi del suo libro la vera e propria proiezione cilindrica rettangolare sul diaframma di Rodi, seguendo ancora la valutazione in stadi, quantunque già Ipparco avesse insegnato a dividere le circonferenze terrestri in 360 gradi uguali e a determinare astronomicamente le latitudini e le longitudini. Importantissime modificazioni alle tavole precedenti introdusse Marino da Tiro (12), che seguì poi le regole esposte da Ipparco. Sorse infine Tolomeo (1), il quale, vedendo come nelle tavole generali poco si presti la proiezione piana, per le grandi deformazioni dei paesi lontani dal parallelo medio, trovò per esse altri sistemi mantenendo questo per le carte speciali. Le carte che adornavano certamente l'opera sua non furono conservate dai copisti e fu Agatodemone (2) che nel V secolo le ricostruì. Quantunque tali metodi di projezione nelle edizioni a stampa dell' opera di Tolomeo si siano modificate in *trapezoidali*, non mancano però esempi di proiezione *rettangolare*, sia in qualche edizione di Tolomeo (3) stesso, come in molti lavori cartografici dei secoli XVI, XVII e XVIII (4), ma a poco a poco essa fu tramutata e limitato ne fu l'uso solo alle regioni equatoriali (5).

Come vedemmo, la projezione *isocilindrica*, pur mantenendo la equivalenza delle figure, non ne mantiene però la similitudine, mentre le *carte piane*, sì *quadrate* come *rettangolari*, non offrono neppure il primo vantaggio, ma danno gli errori della similitudine in scala assai minore. Questi inconvenienti prodotti dal parallelismo dei meridiani, che sulla superficie terrestre convergono al polo, spinsero *Gerardo Kaufmann* (6) detto *Mercator*, a cercare un nuovo sistema di projezione che meglio corrispondesse ai crescenti bisogni dei naviganti, che già al principio del secolo XV aveano davanti a sè i più larghi orizzonti (7). Il principio sul quale si basano le carte, che furono poi dette di *Mercatore* è semplicissimo: *aumentare i gradi di latitudine di quanto furono aumentati i gradi di longitudine* (8). Con ciò la rappresen-

studi nell'oriente, alle quali poi aggiunse nuovi risultati Patroclo (280 av. G. C.).

(1) Diognete (333 av. G. C.) misurò nuove distanze e fece nuove determinazioni.

(2) Beto pure nel 333 coi suoi studi offrì nuovi dati positivi ai cartografi posteriori.

(3) Aristone percorse e studiò specialmente il golfo Arabico.

(4) Timostene rivolse i suoi studi al bacino occidentale del Mediterraneo e nella sua carta usò la rosa di 12 venti. Nel medesimo tempo altri geografi percorrono l'Etiopia e studiano il corso nel Nilo; Tilone, ad esempio, determina la latitudine di Meroe a 17°.

(5) Eratostene (226 av. G. C.) di Cirene appartiene alla scuola Alessandrina. Senza parlare della sua celebre misura dell' arco di meridiano fra Siene e Alessandria per determinare la lunghezza del grado, diremo invece che compose la sua carta con projezione cilindrica, estendendo l'abitabile in larghezza fra 11°25 e 66°17 del parallelo di Thule e in lunghezza per due terzi della zona temperata.

(6) Ipparco (160 av. G. C.) prende a discutere e correggere la carta di Eratostene, specialmente per ciò che riguarda le latitudini, e afferma poi che l'abitabile non è noto del tutto nella parte orientale.

(7) Artemidoro imprese a modificare la carta di Dicearco, opera che fu intrapresa da altri cartografi della sua scuola.

(8) Polibio già prima di Artemidoro avea iniziato l' opera di correggere la carta di Dicearco.

(9) La grande opera fu iniziata da Giulio Cesare che voleva fossero scientificamente noti gli immensi possessi della repubblica Romana. Zenodoxo ebbe a studiare l'oriente, Theodoto il mezzodì e Polycleto il settentrione. Per 25 anni lavorarono (44-19), mentre al di là dei confini altri scienziati doveano arricchire l' opera di nuovi studi. Tutti i risultati doveano essere raccolti da Agrippa che morì (12 av. G. C.) senza aver potuto compiere l'opera sua. Essa fu poi ultimata sotto Augusto e il grande Orbis fu esposto al popolo. Di quest'opera, basata sulla projezione cilindrica, non ci restano che pochi frammenti.

(10) Posidonio (50 av. G. C.) compose una carta generale più larga all'oriente. Rodi era al 38° 38'; fra Rodi e Alessandria erano 7° 30' valutati con 3750, stadi; quindi, secondo lui, il grado veniva ancora impicciolito a 500 stadi. Il circuito del globo era di 188.000; la lunghezza dell'abitabile al parallelo di Rodi era di 72.000 stadi e alla circonferenza massima di 9000 stadi; occupava quindi la metà dell'emisfero.

(11) Strabone nella sua *Geografia* (L. II, c. V, § 10, 14, 16, 34) dà chiaramente la spiegazione della projezione piana secondo la quale intendeva rappresentare l' abitabile che riteneva a forma di clamide come Posidonio.

(12) L' opera iniziata da Posidonio non fu compiuta che 150 anni dopo da Marino da Tiro. Egli ritenne l'abitabile due volte più lungo che largo, ma trasportò i 90.000 stadi della circonferenza massima al parallelo di Rodi dando così alle terre lo sviluppo di 225°. Esse poi arrivavano a 24° di latitudine Sud. La projezione da lui usata è la cilindrica equivalente

(1) Cf la *Geografia di* Tolomeo, Lib. VIII, c. 1.

(2) Agatodemone, ingegnere d'Alessandria, intraprese la ricostruzione delle tavole speciali, cioè, 10 per l'Europa, 4 per l'Africa e 12 per l'Asia.

(3) L'edizione di Roma del 1478 ha con questa projezione la carta di Taprobane; quella del Donis, fatta in *Ulma* nel 1482, le carte della Spagna e Taprobane; nella riproduzione fatte delle tavole Tolemaiche, ad illustrazione della Geografia del Berlinghieri, abbiamo le carte quasi tutte a projezione *rettangolare*. Nell' edizione di *Lione* del 1535, in quella di *Venezia* del 1548, in quella di *Roma* del 1808, ecc., abbiamo sempre parecchie carte *piane rettangolari*.

(4) Nel *Theatrum orbis terrarum* di Abramo Ortelio abbiamo in projezione rettangolare il Piemonte del Gastaldo, l'Ungheria di Volfango Lazio, la Silesia di Martino Heilwig, la Bavaria di Filippo Appiano; numerosi esempi troviamo pure nell'Atlante del Mercatore.

(5) Per più ample indicazioni su tale argomento della storia delle projezioni piane V. Lelewel, op. cit. *prolegomeni*, p. V. a XXII. — Fiorini op. cit. p. 341 e segg. e passim nelle opere storiche già più volte citate.

(6) Gerardo Kaufmann o Kremer, detto Mercatore, nacque nel 1512 a Rupelmonde e morì a Duisburgo nel 1594

Sul Mercatore V. Fiorini op. cit. C. II, § 16; C. III, § 24, C. IV, § 28, 29, 30. — Lelewel op. cit. 103, 113-118, 260-263. — Il fac-simile pubblicato dal Jomard.

(7) Già prima del Mercatore aveano studiato quest'argomento: Pietro Medina, *Arte de Navegar*, Cordova 1545. — Martino Cortes, *Breve compendio de la sphera y de la arte de navegar*, Sevilla, 1556. — Pietro Nonio, *De arte atque ratione navigandi*, Conimbricae. 1573.

(8) Il Mercatore stesso dice: *Gradus latitudinum versus utrumque polum paulatim auximus pro incremento parallelorum supra rationem quam habent ad æquinoctia-*

Digitized by Google

tazione risulta isogonica e basterà avere una scala speciale per ogni grado di latitudine, per ottenere un giusto criterio anche sulle dimensioni. La costruzione quindi riesce facilissima: i meridiani si segnano come nelle altre projezioni *piane* e le distanze fra i varî paralleli e l'equatore vengono date da una tavola speciale che qui riproduciamo. In essa si suppone la Terra perfettamente sferica e le distanze di ogni parallelo vengono date in gradi equatoriali.

Latitudine	Gradi Equatoriali	Latitudine	Gradi-Equatoriali
1	1.*00*	46	51.*93*
2	2.*00*	47	53.*38*
3	3.*00*	48	54.*86*
4	4.*00*	49	56.*37*
5	5.*01*	**50**	57.*91*
6	6.*01*	51	59.*48*
7	7.*02*	52	61.*09*
8	8.*03*	53	62.*73*
9	9.*04*	54	64.*41*
10	10.*05*	**55**	66.*13*
11	11.*07*	56	67.*90*
12	12.*09*	57	69.*71*
13	13.*11*	58	71.*57*
14	14.*14*	59	73.*49*
15	15.*18*	**60**	75.*45*
16	16.*21*	61	77.*49*
17	17.*25*	62	79.*58*
18	18.*30*	63	81.*75*
19	19.*36*	64	83.*99*
20	20.*42*	**65**	86.*31*
21	21.*49*	66	88.*69*
22	22.*56*	67	91.*23*
23	23.*64*	68	93.*85*
24	24.*73*	69	96.*58*
25	25.*83*	**70**	99.*43*
26	26.*94*	71	102.*43*
27	28.*06*	72	105.*58*
28	29.*19*	73	108.*91*
29	30.*32*	74	112.*43*
30	31.*47*	**75**	116.*17*
31	32.*63*	76	120.*17*
32	33.*81*	77	124.*44*
33	35.*00*	78	129.*08*
34	36.*19*	79	134.*10*
35	37.*40*	**80**	139.*59*
36	38.*63*	81	145.*65*
37	39.*88*	82	152.*43*
38	41.*14*	83	160.*10*
39	42.*42*	84	168.*95*
40	43.*71*	**85**	179.*41*
41	45.*03*	86	192.*21*
42	46.*36*	87	208.*70*
43	47.*72*	88	231.*94*
44	49.*10*	89	271.*66*
45	50.*50*	**90**	∞

em. Questa legge viene poi giustificata in altre iscrizioni che si trovano nel grande mappamondo del 1569, e che sono riprodotte dal LELEVVEL (op. cit. vol. II, p. 225 e seguenti).

Diamo un esempio della costruzione di tale carta alla Fig. 1ª della Tav. 2ª. Si debba costruire il mappamondo di *Mercatore* colla scala di $\frac{1}{280,000,000}$. Secondo questa scala l'equatore risulterà lungo circa 140mm. Se lo dividiamo in 36 parti uguali e per ciascuna di esse tiriamo altrettante perpendicolari, si avranno i meridiani di 10° in 10° distanti uno dall'altro 3mm.88. Passando ora alla determinazione delle latitudini crescenti, invece di ridurre le distanze di 10°.20°.... secondo la scala, prenderemo le distanze di 10°.05; 20°.42... dateci dalla tavola; in modo che, per esempio, la distanza del 50° parallelo non ci verrà data da 19,mm40 (3mm.88 × 50) ma da 22mm.46 (3mm88 × 57.91). Per la piccolezza della nostra carta naturalmente tali differenze non sono sensibili che oltre il 30° parallelo, come pure non possiamo avere che un'esattezza molto relativa. Non meno facile è poi la costruzione della scala grafica, qualora si sappia che essa è formata dal complesso delle scale speciali delle diverse latitudini. Per conseguenza avremo che, se si deve trovare la distanza fra due punti che siano sullo stesso meridiano, basterà trovare in gradi la differenza della latitudine, e moltiplicare per 60 o per 111,306; se i punti trovansi sullo stesso parallelo il risultato, si avrà col mezzo della scala speciale alla loro latitudine; se finalmente i detti punti trovansi a diverse latitudini e sotto differenti meridiani, si fa il calcolo considerando la latitudine del punto di mezzo della retta che li congiunge.

In quell'epoca in cui non erano ancora dimostrate le proprietà della projezione *stereografica*, era naturale che la *carta ridotta* di *Mercantore* dovesse essere preferita ad ogni altra nell'uso comune geografico e dovea poi entrare in gran voga nella marineria, una volta dimostrata vera la seguente legge: *la linea lossodromica nelle carte ridotte viene segnata con una linea retta,* cioè: la lossodromica forma con tutti i meridiani un angolo sempre eguale (1). Quanti problemi nautici non si possono così facilmente risolvere!

(1) Quando, nel secolo XII, venne a conoscenza degli Europei e fu applicata la bussola, il marinajo si trovò in caso di mantenere il corso giusto della nave. Ora, se la nave va nella direzione di un meridiano, la linea che essa deve seguire sarà segnata dalla direzione dell'ago della bussola, il quale, fatte le dovute correzioni per la declinazione, è rivolto sempre secondo la direzione nord sud; se la nave si muove lungo l'equatore, la via viene designata dalla linea est ovest della bussola, linea perpendicolare alla direzione dell'ago magnetico. Ma se invece detta nave deve seguire una direzione che non sia nelle condizioni delle due precedenti, allora essa descrive una linea, la quale forma con tutti i meridiani un angolo uguale, descrive cioè una curva spirale, che si avvicina indefinitamente al polo senza poterlo mai raggiungere, curva tanto più sviluppata quanto maggiore è l'angolo sotto il quale vengano tagliati i meridiani e che si chiama lossodromica. È quindi necessario di determinare per mezzo della carta la direzione che deve tenere il bastimento per arrivare ad un punto qualunque, ed è evidente che tale determinazione sarà ridotta alla sua massima semplicità se si potrà seguare sulla carta la linea lossodromica con una retta; per questo è necessario che i meridiani ven-

Digitized by Google

Il principio fu da *Mercatore* enunciato ma non dimostrato e i suoi contemporanei non sapevano precisamente come si dovessero calcolare queste latitudini crescenti. Ciò fu poi insegnato agli ultimi del secolo XVI da *Edoardo Wright* (1).

Non v'è atlante sia scientifico come scolastico che non sia adorno di una projezione di MERCATORE; dal JANSON (2) e dal KERIO (3) al LAPIE (4) al GARNIER (5) allo STIELER (6) e al KIEPERT; e moltissimi sono gli scrittori che ne tratteranno ampliamente (7). L'applicazione alle carte nautiche che ora è universale non fu immediata alla scoperta e pare che solo nel 1630 si introducesse nella marineria dai mercanti di *Dieppe*, specialmente per opera di GUGIELMO LE VASSEUR (1). Riconosciutane ben presto l'utilità, essa fu subito sostituita, sia alle carte basate sulla rosa dei venti, come alle carte *piane*.

8. La seconda classe delle projezioni per sviluppo è quella delle *coniche*. Si supponga di avere un cono tangente o penetrante alla sfera, di estendere i piani meridiani e paralleli fino a tagliarne la sua superficie, e di svilupparlo infine su di un piano e avremo la rappresentazione conica. È evidente adunque come in essa i meridiani risulteranno linee rette convergenti ad un punto, che sarà il vertice del cono e come i paralleli circonferenze convergenti al punto stesso, pur mantenendo retti gli angoli che formano coi meridiani, vadano diminuendo in sviluppo, allontanandosi dall'equatore. Con tale principio noi possiamo adunque risolvere alcuni problemi, per cui le projezioni *coniche* riescono utilissime; infatti, oltre a mantenere la lunghezza dei gradi di longitudine sopra il parallelo medio della zona da rappresentarsi, come nel caso del *cono tangente*, possiamo cercare di disporre il *cono penetrante* in modo da conservare i gradi di longitudine sopra i due paralleli estremi; oppure su due paralleli equidistanti dagli estremi, nonchè la superficie della zona. Inoltre possiamo anche mantenere i gradi di longitudine sul parallelo medio e conservare su due paralleli da esso equidistanti il rapporto che hanno sulla sfera (2).

Il caso del *cono tangenziale* è dato dalle fig. 2 e 3 della Tav. 2.ª, dalle quali risulta evidente come il parallelo medio AA' resti inalterato nella projezione, mentre tutti gli altri paralleli della zona BB'DD' da rappresentarsi, vengono ingranditi e si avvicinano poi fra loro di mano in mano che si appressano al polo. Una semplice correzione grafica pone rimedio a questi due inconvenienti; basterà cioè prendere la vera lunghezza del grado di latitudine e trasportarla (Fig. 3ª) sul meridiano, descrivendo poi per questi punti degli archi di circonferenza.

Tale projezione conica, che fu detta poi *semplice*, fu ideata da TOLOMEO per la rappresentazione di tutto l'abitabile, quando conobbe l'impossibilità di disegnare una vasta zona della superficie terrestre col mezzo delle carte *piane* (3).

gano rappresentati da rette equidistanti e i paralleli da rette parallele alle prime. Dopo aver quindi unito sulla carta con una retta il punto di partenza con quello d'arrivo, basterà determinare l'angolo che essa fa coi meridiani, per avere la direzione della nave, vale a dire l'angolo che essa deve costantemente mantenere colla linea nord-sud segnata pall' ago magnetico, affine di arrivare ad un determinato punto. Ora, a dimostrare l'importanza delle projezioni cilindriche, diremo come la linea lossodromica non possa essere rappresentata da una linea retta che in esse e nelle condizioni più favorevoli nella carta di Mercatore. In questa guisa si possono risolvere i problemi più importanti della nautica e rappresentarne graficamente la soluzione sulla carta. Così, dato il punto di partenza, la latitudine del punto d'arrivo, e il rombo di vento, si possono trovare l'altro punto e la lunghezza della strada; dati i punti di partenza e d'arrivo, si può trovare il rombo di vento nonchè la distanza; dati il punto di partenza, il rombo di vento e il cammino fatto, trovasi il punto d'arrivo, ecc.

Non dobbiamo però credere che la lossodromica segni li più corto cammino fra due punti, poichè questo è segnato dall'arco di circonferenza massima che la congiunge, dalla linea cioè che i marinai chiamano ortodromica. La differenza fra queste due linee è assai piccola quando i due punti sieno relativamente vicini l'uno all'altro; ma risulta considerevole per le grandi distanze.

Per più ample indicazioni su tale argomento, oltre ai trattati di nautica, Cf. FIORINI op. cit. p. 36 e seg. 368 e seg. — GÜNTHER, *Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie*, p. 333 e seg. — GRETSCHEL op. cit. p. 114 e seg.

(1) EDOARDO WRIGUT Inglese nacque nel 1560 e morì nel 1615. L'avere egli esposto il modo di calcolare le tavole delle latitudini crescenti fece sì che per ben due secoli esso fosse ritenuto l'inventore della projezione. Egli stesso però dichiara, a pag. 12 della sua opera, *Certaine Errors in navigation detected and corrected* (Londra 1599) di non far altro che *riprodurre ciò che era già stato fatto da Gerardo Mercatore.*

Su tale questione Cf. le opere: RAEMDONCK *Gerard Mercator, sa vie et ses œuvres*. 1869. — BREUSING, *G. Mercator, der deutsche Geographie*. Duisburg, 1869. — AVEZAC op. cit. p. 56 e seg.

(2) Nel 1606 il JANSON pubblicò un grande mappamondo intitolato: *Nova totius terrarum orbis geographica tabula autore G. Jansonio.*

(3) La carta del KERIO venne alla luce nell'Atlante pubblicato in *Amsterdam* nel 1630, *sumptibus et typis aereis Joannis Jansonii.*

(4) *Atlas universel de Géographie ancienne et moderne par M. Lapie*, Paris, 1829

(5) *Atlas sphéroïdal et universel de géographie*, Paris. 1862.

(6) *Hand-Atlas*, Gotha, J. Perthes.

(7) Cf. la memoria di EULERO negli *Acta Academiæ scientiarum Petropolitanæ*, 1777. — LAGRANGE, *Sur la construction des cartes de Géographie* nelle *Nouveaux mém. de l'Ac. Année* 1779. — G. MAYER, *Anweissung zur Verzeichnung der Charten*, Elangen, 1794. — PUISSANT, *Traité de topographie*, Paris, 1820. — GERMAIN, op. cit. — GRETSCHEL, op. cit.

(1) Il RICCIOLI infatti a pag. 478 dell'opera; *Geographiæ et Hydrographiæ reformatæ, libri duodecim*, Bonomiæ, 1661, scriveva: *Vasseur adeo perfecte illas delineavit, ut peritissimi quinque Franciæ naucleri vix aliis utantur.*

(2) Le soluzioni di questi ed altri problemi si ottengono col calcolo superiore.

(V. FIORINI, op. cit. p 323-328).

(3) TOLOMEO ne dà spiegazione al CXXI, lib. I della sua *Geografia*. — Dalle sue parole si vede chiaramente come non si tratti che di un cono tangente alla sfera terrestre lungo il parallelo di Rodi, considerato da lui come il 36° di lat. nord ed avente il raggio lungo 79° meridiani. L'equatore trovasi 36° al sud di Rodi, ed il parallelo più settentrionale, quello di Thule, al 63°, cioè 27° al

Digitized by Google

La fig. 4 dà il caso del *cono penetrante* secondo i due paralleli estremi sotto i quali saranno mantenute le grandezze lineari, angolari e superficiali, mentre alle altre latitudini intermedie, risultando i paralleli più piccoli di quello che non siano realmente, le alterazioni saranno massime nel senso dei paralleli stessi e minime nel senso dei meridiani; avremo perciò una diminuzione nelle aree e un'alterazione negli angoli. È perciò necessario che la zona non sia molto estesa perchè minori risultino gli errori.

La projezione conica equidistante colla conservazione dei gradi di longitudine sopra due dati paralleli dà l'equivalenza nell'insieme e dal D'AVEZAC fu chiamata *holoscera*. Per la prima volta venne usata nel 1554 da MERCATORE (1), che costruì con essa la carta d'Europa, e dopo di lui abbiamo molti cartografi che nella rappresentazione di regioni speciali la usarono. Il D'ANVILLE (2), il DE L'ISLE (3), l'EULERO (4), nelle loro opere hanno numerose carte con tale projezione (5).

Il prolema di rappresentare sul cono una data zona della superficie terrestre nella sua vera grandezza fu studiato in modo speciale dal MURDOCH (6), che modificò in vari modi lo sviluppo di un cono penetrante secondo due paralleli equidistanti dagli estremi (1). Tale principio è dimostrato dalla fig. 5 della Tav. II^a. Le projezioni del MURDOCH, quantunque non presentino rilevanti vantaggi, furono seguite dal GAUSS nel 1822.

Sistemi Convenzionali.

9. Seguendo il D'AVEZAC, noi chiamiamo *sistemi convenzionali* il complesso delle projezioni, che modificano le rappresentazioni prospettiche o per sviluppo, allo scopo di correggere in parte gli errori che in esse riscontriamo. Ecco quindi una prima e naturale divisione dei *sistemi convenzionali* in *prospettici* e *per sviluppo*, vale a dire in *pseudo-prospettive* e *pseudo-sviluppi*. Le prime poi si distinguono in due classi, a seconda che hanno i paralleli *retti* e quindi sono modificazioni della projezione *ortografica equatoriale* o i paralleli *curvi*, e si possono far derivare dalla *stereografia;* così i *pseudo-sviluppi* potranno essere *conici* o *cilindrici*.

Dopo aver studiato i principali e più usati sistemi prospettici e per sviluppo ci riuscirà molto facile comprendere anche le principali rappresentazioni convenzionali, sia che esse comprendano tutto un emisfero, oppure si limitino ad una regione speciale della superficie terrestre.

10. Fra le carte *pseudo prospettiche* a paralleli *retti* la più semplice è quella chiamata *pseudo ortografica*. Essa non differisce dalla *ortografica equatoriale* se non nella delineazione dei meridiani, poichè i loro punti di passaggio sull'equatore e sui paralleli, invece di essere segnati per mezzo dei coseni delle varie latitudini, si segnano dividendo in parti uguali sì l'equatore come i paralleli, rimediando così agli sviamenti prodotti nel senso della longitudine dall'avvicinarsi dei meridiani verso l'orlo del disegno, mentre la prospettiva viene mantenuta nel senso della latitudine (Tav. II, fig. 6) (2). Se invece prendiamo (Tav. II, fig. 7) anche i paralleli equidistanti descrivendo i meridiani o ellittici o circolari pure equidistanti, avremo la projezione che giustamente il D'AVEZAC chiamò *simmetrica* (3) e nulla conserva di prospettico, sia nel senso della latitudine come in quello della longitudine (4). La fig. 8 della Tav. II^a

nord del 36°; perciò l'equatore avrebbe un raggio di 115° (79°×36°), e il parallelo di Thule invece 52° (79°—27°) Oltre a ciò Tolomeo dà alla lunghezza del grado di longitudine sul 36° il valore di $^4/_5$ del grado equatoriale, vale a dire, il valore di 0.8192 e al grado del parallelo di Thule quello di 0 4522. Questi valori si avvicinano molto al vero, (essendo i reali 0.809 pel 36° e 0.454 pel 63°), salvo un errore in più, che si riscontra anche nel grado equatoriale che, invece di essere 1°, è 1.1646. Ma la carta di Tolomeo che dovea rappresentare tutto l'abitabile non ha per limite meridionale l'equatore; in essa viene rappresentata anche una zona dell'emisfero australe, per la quale il grande geometra descrisse i paralleli concentrici ai boreali, mantenendo fra loro le medesime distanze e facendo convergere i meridiani verso il polo australe, non mantenendoli però perpendicolari ai paralleli.

La riproduzione della carta generale di Tolomeo si trova nelle edizioni della sua opera dei secoli XV e XVI. — V. pure i trattati di cosmografia dei medesimi secoli, come lo STOEFLER (*Cosmograficæ aliquot descriptiones*, Marpurgi, 1537), il MÜNSTER, (*Cosmographiæ libri* VI, Basilææ 1559); nonchè le opere storiche moderne già citate.

(1) V. le riproduzioni fatte in fac-simile dal JOMARD (op, cit) dal LELEVVEL (op. cit.), ecc.

(2) Il D'ANVILLE nel 1735 pubblicò un atlante della Cina in cui la carta generale che comprende la Cina, la Tartaria Cinese, e il Tibet, è fatta con questa projezione *conica*, prendendo quali paralleli fondamentali il 50° e 20° di lat. Nord.

(3) Il DE L'ISLE nel 1745 fece la carta generale della Russia fra il 50° e 70° di lat. nord, conservando però i gradi di longitudine sul 55° e sul 65°. Questa carta diventò tanto celebre, che molti autori, specialmente in Germania, chiamano a torto tale projezione col nome di DE L'ISLE.

(4) EULERO nel 1778 cercò di disporre i paralleli in modo che i massimi ingrandimenti sugli estremi dovessero controbilanciare il massimo impicciolimento del parallelo centrale.

(5) Un'altra varietà delle projezioni isoconiche fu data dal D'ANVILLE nel 1805, ed è la projezione *isomera*, colla quale egli cercò che tutte le parti della superficie sferica fossero uguali alle corrispondenti della superficie conica.

(6) *Philosophical transaction*, V, L, parte II, Londra 1759.

(1) Sulla projezione del MURDOCH trattarono estesamente Il MAYER, op. cit. nonchè l'ALBERS (V. *Monatliche Correspondenz* dello ZACH, febb. 1805), e il MALTE-BRUN, *Géographie complète et universelle*, lib. XXXI.

(2) Questo metodo di projezione coi meridiani circolari fu immaginato nel 1527 da ENRICO LORITZ (HENRICI GLAREANI *poeti laureati de Geographia liber unus*. Basileæ, 1527), e fu il FOURNIER (op cit.) che nel 1649 ridusse i paralleli ellittici.

(3) Op. cit. p. 51 e seg.

(4) PIETRO APIANO, Sassone. n. 1495, m. 1527, scrisse un libro di *Cosmographia*, pubblicato nel 1524 e poi nel 1533 ripubblicato da Gemma Frisio. Egli ideò questa projezione e, volendo rappresentare in un sol quadro tutta la superficie terrestre, continuò a disegnare in forma di ovali tutti i meridiani al di là di quello che limita un emisfero mantenendoli sempre ad uguale distanza sull'equatore. Siccome però il disegno risultava troppo allungato, adoperò due scale, una doppia dell'altra.

Digitized by Google

ci dà la projezione *omalografica* che nella cartografia moderna è certamente una delle più usate, perchè riproduce fedelmente le parti della superficie terrestre senza alterarne le dimensioni relative. Essa non differisce dalla projezione antecedente se non nelle distanze fra i paralleli e l'equatore, distanze che vengono date o da una formula o più facilmente da una tavola numerica che qui riproduciamo, indicando le distanze con frazioni del raggio della projezione, e considerando sferica la Terra (1).

Latitudine	Distanza dell'Equatore	Latitudine	Distanza dell'Equatore
1	0.*0137*	46	0.*6040*
2	0.*0274*	47	0.*6159*
3	0.*0411*	48	0.*6277*
4	0.*0548*	49	0.*6395*
5	0.*0685*	**50**	0.*6511*
6	0.*0821*	51	0.*6627*
7	0.*0958*	52	0.*6741*
8	0.*1095*	53	0.*6855*
9	0.*1231*	54	0.*6968*
10	0.*1368*	**55**	0.*7080*
11	0.*1504*	56	0.*7191*
12	0.*1640*	57	0.*7301*
13	0.*1766*	58	0.*7409*
14	0.*1911*	59	0.*7517*
15	0.*2047*	**60**	0.*7623*
16	0.*2182*	61	0.*7729*
17	0.*2317*	62	0.*7833*
18	0.*2451*	63	0.*7936*
19	0.*2586*	64	0.*8037*
20	0.*2720*	**65**	0.*8138*
21	0.*2853*	66	0.*8237*
22	0.*2987*	67	0.*8334*
23	0.*3120*	68	0.*8431*
24	0.*3252*	69	0.*8523*
25	0.*3385*	**70**	0.*8619*
26	0.*3516*	71	0.*8710*
27	0.*3648*	72	0.*8800*
28	0.*3779*	73	0.*8889*
29	0.*3909*	74	0.*8975*
30	0.*4039*	**75**	0.*9060*
31	0.*4169*	76	0.*9143*
32	0.*4298*	77	0.*9224*
33	0.*4426*	78	0.*9303*
34	0.*4554*	79	0.*9379*
35	0.*4682*	**80**	0.*9453*

Tale projezione, sia circolare come ovale, fu usitatissima nei secoli XVI e XVII. Così la usò nel 1526 monaco FRANCESCO (V. LELEWEL op. cit. atl.), nel 1532 FRANCESCO ROSELLI (V. SANTAREM, atl.); nel 1554 BATTISTA AGNESE; nel 1570 ABRAMO ORTELIO (V. fac-simile nell'atlante del VIVIEN DE SAINT-MARTIN); nel 1544 SEBASTIANO CABOTTO (V. JOMARD); nel 1540 il CASTALDO; nel 1670 l'ORNIO (*Geographia vetus*); nel 1598 il SEVERT. (*De orbis catoptrici seu mapparum mundi principiis descriptione ac usu*) nel 1646 il FOURNIER, ecc.

(1) Dopo che nel 1805 il MOLLWEID la studiò per la prima volta rimase quasi dimenticata, finchè la riprese nel 1859 il BABINET (*Géographie nouvelle, mappamondes et cartes*, Paris, 1859) e la divulgò tanto che in Francia a torto essa si chiama col suo nome.

Latitudine	Distanza dell'Equatore	Latitudine	Distanza dell'Equatore
36	0.*4808*	81	0.*9525*
37	0.*4935*	82	0.*9594*
38	0.*5060*	83	0.*9661*
39	0.*5185*	84	0.*9724*
40	0.*5309*	**85**	0.*9783*
41	0.*5433*	86	0.*9839*
42	0.*5506*	87	0.*9890*
43	0.*5678*	88	0.*9936*
44	0.*5799*	89	0.*9989*
45	0.*5920*		

Un'ultima varietà di questa classe è la projezione *sinusoidale*, così chiamata appunto perchè, mentre i paralleli sono linee rette equidistanti, i meridiani sono rappresentati da curve particolari dette *sinusoidi*, soggette ad una formula speciale, a seconda della quale la projezione risulta quantitativa od equivalente (1).

Con questo genere di projezioni noi potremo adunque costruire delle carte speciali, le quali dovranno essere equatoriali essendo appunto presso l'equatore minima la curvatura dei paralleli. Si debba, ad esempio, rappresentare il continente *africano* colla scala di $\frac{1}{75.000.000}$. Per l'Africa sono necessari circa 75° di latitudine, 35 al sud e 40 al nord dell'equatore, e circa 75° di longitudine. Possiamo quindi segnare sulla metà del foglio una retta indefinita, rappresentante l'equatore e sulla metà di questa una retta pure indefinita, che rappresenterà il meridiano di mezzo. Sopra ciascuna di queste rette, a partire dal loro punto d'incontro, si trasportino le lunghezze dei gradi equatoriali di 5 in 5°, lunghezze che saranno rappresentate da 7^{mm}.40 (per la scala della carta il grado sarà lungo 1^{mm}.48). Tirate per i punti di divisione del meridiano mediano altrettante rette ad esso perpendicolari, avremo i paralleli, sopra i quali è necessario segnare le varie lunghezze dei gradi di longitudine alle varie latitudini, sempre nel rapporto dato dalla scala. Queste lunghezze vengono date sia da una figura particolare, detta *quadrante dei coseni* (Tav. II, Fig. 17) (2), come da una tavola numerica che riproduciamo:

(1) La prima carta costruita con tale projezione è quella dell'America meridionale inserita nel 1633 nell'Atlante di MERCATORE e JODOCO ONDIO, pubblicato in Amsterdam da ENRICO ONDIO.

In seguito fu adoperata dai cartografi SANSON (sec. XVII) e DE L'ISLE e al principio del secolo scorso venne largamente applicata, specialmente in Inghilterra, per opera di FLAMSTEED.

Essa poi fu applicata dal nostro *Istituto Topografico militare* per la costruzione della grande carta d'Italia colla scala di $\frac{1}{100.000}$.

(2) Sia AB (Tav. II, Fig. 17) la lunghezza del grado di latitudine di una carta qualunque; centrando in B, si descriva il quadrante AC, lo si divida in 9 parti (di 10° in 10°) e si tirino pei punti di divisione altrettante parallele alla AB fino a tagliare la BC. Questa retta resterà così divisa da una serie di punti che determinano i coseni degli angoli, formati colla BC dalle rette, che da B vanno alle diverse latitudini. Ora, se tutta la retta BC rappresenta

Digitized by Google

Lunghezza dei gradi di longitudine alle diverse latitudini.

Latitudini	Lunghezze di 1° in miglia geog. ital.	Lunghezze di 1° in chilometri	Latitudini	Lunghezze di 1° in miglia geog. ital.	Lunghezze di 1° in chilometri
0	60.000	111.306	46	41.676	77.350
1	59.992	111.345	47	40.920	75.947
2	59.960	111.285	48	40.148	74.514
3	59.916	111.204	49	39.364	73.059
4	59.852	111.083	50	38.588	71.582
5	59.776	110.944	51	37.760	70.082
6	59.676	110.751	52	36.936	68.556
7	59.556	110.538	53	36.108	67.016
8	59.416	110.268	54	35.268	65.457
9	59.260	109.986	55	34.416	63.847
10	59.084	109.726	56	33.552	62.271
11	58.966	109.644	57	32.676	60.646
12	58.688	108.924	58	31.796	59.013
13	58.460	108.521	59	30.904	57.357
14	58.216	108.048	60	30.000	55.680
15	57.952	107.558	61	29.088	53.987
16	57.672	107.039	62	28.168	52.279
17	57.376	106.489	63	27.240	50.557
18	57.060	105.903	64	26.300	48.812
19	56.928	105.287	65	25.356	47.060
20	56.380	104.641	66	24.404	45.293
21	56.024	103.980	67	23.444	43.512
22	55.628	103.245	68	22.476	41.715
23	55.228	102.503	69	21.500	39.904
24	54.812	101.731	70	20.520	38.085
25	54.420	101.003	71	19.536	36.258
26	53.928	100.090	72	18.544	34.417
27	53.460	99.585	73	17.540	32.554
28	52.976	98.323	74	16.536	30.690
29	52.496	97.395	75	15.528	28.819
30	51.960	96.437	76	14.516	26.741
31	51.428	95.450	77	13.496	25.048
32	50.884	94.440	78	12.476	23:155
33	50.320	93.727	79	11.448	21.247
34	49.744	93.324	80	10 420	19.339
35	49.148	91.152	81	9.450	17.416
36	48.540	90.090	82	8.352	15.501
37	47.920	88.939	83	7.372	13.571
38	47.280	87.751	84	6.272	11.620
39	46.622	86.541	85	5.228	9.703
40	45.964	85.309	86	4.184	7.765
41	45.284	84.047	87	3.140	5.827
42	44.588	82.755	88	2.092	3.882
43	43.880	81.441	89	1.048	1.945
44	43.160	80.104	90	0.000	0.000
45	42.428	78.740			

la lunghezza del grado equatoriale, la B 10, rappresenterà quella del grado di longitudine al 10° di latitudine, la B 20° quella al 20° e così di seguito. Completando questa figura fondamenlale, si può anche ottenere una scala generale. qualunque sia la lunghezza del grado equatoriale. Si costruisca il triangolo equilatero BCD, e per ciascun punto di divisione della BC si tirino al vertice D altrettante rette. Suppongasi ora che la lunghezza del grado di latittudine dato dalla scala della carta sia uguale a DE, si trasporti la stessa lunghezza sulla DC; si congiungano EE' con una retta che rimarrà divisa dai raggi convergenti in D in una serie di punti proporzionalmente alla BC. Queste divisioni determinano appunto le lunghezze dei gradi di longitudine, dato che il grado di latitudine sia uguale alla DE.

Ridotti i numeri nel rapporto dato dalla scala della carta, per trasportare le relative lunghezze si potrà adoperare un qualche istrumento di precisione, come un nonio, oppure anche una scala ticonica (Tav. II, Fig. 18).

Le *pseudo-prospettive* a paralleli *curvi* assomigliano, quanto al metodo di costruzione, alle projezioni *stereografiche*. Infatti le due *globulari*, *polare* (1) ed *equatoriale*, (2) riprodotte alla Fig. 9 e 11 della Tav. II, non differiscono dalle *stereografiche* se non perchè i meridiani e i paralleli sono equidistanti fra loro. Trattandosi quindi sempre di archi di circonferenza, di cui si possono conoscere tre punti, o di linee rette, sarà facile la costruzione anche nel caso di carte speciali.

La Fig. 10 della Tav. II rappresenta un'altra proiezione a paralleli curvi, la *isosferica* (3) nella quale, mentre i meridiani sono ellissi, i paralleli sono curve speciali che non si possono ottenere se non col mezzo del calcolo superiore. Essa ha il pregio di essere equivalente, poichè i trapezi formati dalle coordinate geografiche guadagnano in altezza ciò che perdono in larghezza; però le figure subiscono rilevanti contorsioni, specialmente all'orlo del disegno (4).

11. Una importante modificazione della proiezione *cilindrica* è la *trapezoidale*. Mentre nelle *cilindriche* i meridiani sono paralleli fra loro e quindi perpendicolari all'equatore, in queste invece essi convergono al polo e quindi, mentre sono mantenuti i gradi di latitudine, quelli di longitudine possono essere conservati sopra i due paralleli estremi della zona da rappresentarsi (5). Alla Fig. 13 della Tav. II abbiamo costruito tale rete di gradi per tutto un emisfero meridiano e quindi furono conservati i gradi di longitudine soltanto sull'equatore. Tale metodo semplicissimo si presta alla costruzione delle carte speciali qualora esse sieno regioni ristrette nel senso della longitudine e appartenenti alla zona temperata, quando cioè

(1) MERCATORE, vedendo come la carta a latitudini crescenti si prestasse poco alla delineazione delle regioni polari, usò questo metodo nelle carte: *Septentrionalium terrarum descriptio* (V. riproduzioni del JOMARD e del LELEWEL) Dopo il MERCATORE fu ed è usata di frequente.

(2) Il più antico monumento di tale projezione lo abbiamo in un ATLANTE ANONIMO del 1612 esistente nella R. biblioteca di Torino (V. FIORINI op. cit. pag. 607.), la usò poi nel 1663 il NICOLOSI; nel 1676 PIETRO DU VAL; nel 1714 il DE L'ISLE, alla fine dello scorso secolo l'inglese ARROW SMITH.

(3) Vien chiamata anche di LAMBERT perchè da lui proposta nel 1772. (*Beytrage*, ecc., 1772).

(4) Nel 1861 l'AIRY (*Philosophical Magazine*, London, 1861 p. 409) propose un'altra projezione che chiamò *Balance of errors* (Il D'AVEZAC la chiamò invece *compensativa*), nella quale tutte le linee sono curve tranne il meridiano mediano e, prendendo il punto di mezzo al 23° di lat. sett. e al 52° 30' di long. or. di Greenwich, con un almicantaratto di 135° dal centro, si pone la rete dei gradi in condizione da poter contenere tutti i continenti e le grandi isole senza gravi deformazioni.

(5) Questa projezione la troviamo enunciata in TOLOMEO ed è comunissima in tutte le edizioni che si fecero della sua *Geographia* nei secoli XV e XVI; come negli altri lavori cartografici anche posteriori.

Digitized by Google

non sia troppo grande la curvatura dei paralleli, nè troppo visibile quella dei meridiani. Perciò alla fig. 1 della Tav. III abbiamo costruito con tale projezione la carta d'Italia colla scala di $\frac{1}{10.000.000.}$ Per l' Italia dovremo prendere 11° di lat. sett. e 13° di longitudine. Si segni come base del disegno una retta che potrà essere il parallelo meridionale (36°) e sulla metà di essa si abbassi una perpendicolare che sarà il meridiano mediano sul quale verranno segnati i punti di passaggio degli 11 paralleli, punti che pel rapporto dato dalla scala saranno distanti 11,^{mm}.13. Quindi sul parallelo 36° e sul 47° si dovranno segnare i gradi di longitudine a queste latitudini (7 ad oriente e 6 ad occidente del meridiano mediano) rappresentati dalle lunghezza di 9^{mm} e 7,^{mm} 9 (V. La Tav. num. a pagina 902). A compiere la rete dei gradi basterà congiungere con linee rette i punti opposti. La carta risulta quindi un complesso di trapezi rettilinei e perciò non sono mantenuti gli angoli retti che i meridiani formano coi paralleli sulla superficie terrestre, come pure non sono mantenute le vere lunghezze dei gradi di longitudine che alle latitudini estreme; avremo quindi il massimo errore in meno al parallelo medio (1). A tale inconveniente si può in parte rimediare, praticando le divisioni invece che sui paralleli estremi sopra due da essi equidistanti.

L'ultima classe è quella delle projezioni *pseudo-coniche*. La più semplice forma si basa sui principî seguenti: rendere curvi e concentrici i paralleli e mantenere i gradi di longitudine sopra i due estremi o su due da essi equidistanti. In tal modo però i meridiani della carta prolungati non convergono al centro dei paralleli, che sarà invece sul prolungamento del meridiano mediano, e gli angoli formati dalle coordinate geografiche si allontaneranno dal retto quanto più saranno distanti dal meridiano mediano. L'unica difficoltà è quella di trovare adunque il centro dei paralleli. Prendendo ad esaminare il caso più semplice del cono *tangente* ad un parallelo qualunque, è evidente che il vertice di esso, e quindi il centro del parallelo fondamentale, sarà tanto più lontano dal polo quanto minore sarà la sua latitudine (Tav. II. fig 16). Su tale principio è basata la seguente tavola la quale dà i numeri indicanti le reali lunghezze del raggio dei diversi paralleli, numeri che andranno naturalmente ridotti nel rapporto dato dalla scala della carta.

Lunghezza del raggio pei diversi paralleli.

Lat. geog.	Lunghezza del raggio		
	in gradi	in m. g. It.	in chil.
5	654.90	39294.00	72928.66
6	545.13	32707.80	60705.68
7	466.64	27998.40	51965.03
8	407.68	24460.80	45399.24
9	361.75	21705.00	40284.48
10	324.94	19496.40	36185.34
11	294.76	17685.60	32824.47
12	269.55	16173.00	30017.09
13	248.18	14890.80	27637.32
14	229.80	13788.00	25590.53
15	213.83	12829.80	23812.11
16	199.81	11988.60	22250.84
17	187.41	11244.60	20869.98
18	176.34	12580.40	19637.22
19	166.40	9984.00	18530.30
20	157.42	9445.20	17530.29
21	149.26	8905.60	16621.59
22	141.81	8508.60	15791.96
23	134.98	8098.80	15031.37
24	128.69	7721.40	14330.92
25	122.87	7372.20	13682.80
26	117.47	7048.20	13041.46
27	112.45	6747.00	12522.43
28	107.76	6465.60	12000.15
29	103.36	6201.60	11500.17
30	99.24	6954.40	11051.36
31	95.36	5721.60	10619.29
32	91.69	5501.40	10210.00
33	88.23	5293.80	9825.29
34	84.94	5096.40	9458.92
35	81.83	4909.80	9112.59
36	78.86	4731.60	8781.85
37	76.03	4561.80	8466.70
38	73.34	4400.40	8167.14
39	70.75	4245.00	7878.72
40	68.28	4096.80	7603 66
41	65.91	3954.60	7339.74
42	63.63	3817.80	7085.88
43	61.44	3686.40	6841.96
44	59.33	3559.80	6606.99
45	57.30	3438.00	6380.93
46	55 33	3319.80	6164.55
47	53.43	3205.80	5949.96
48	51.59	3095.40	5745.06
49	49 81	2988.60	5546.84
50	48.08	2884.80	5354.19
51	46.40	2784.00	5167.04
52	44.76	2685.60	4984.47
53	43.18	2590.80	4808.52
54	41.63	2497.80	4635.92
55	40.12	2467.20	4467.76
56	38.65	2319.00	4204.06
57	37.21	2232.60	4143.70
58	35.80	2148.00	3986.69
59	34.43	2065.80	3834.12
60	33.08	1984.80	3683.79
61	31.77	1906.20	3537.91
62	30.46	1827.60	3392.02
63	29.19	1731.40	2250.60
64	27.94	1676.40	3111.40
65	26.72	1603.20	2975.54
66	25.51	1530.60	2840.79
67	24.32	1459.20	2708.37
68	23.15	1389.00	2577.98
69	21.99	1319.40	2448.81
70	20.85	1251.00	2321.86
71	19.73	1183.80	2197.15
72	18.62	1117.20	2073.52
73	17.52	1051.20	1951.03
74	16.43	985.80	1829.64
75	15.35	921.00	1709.38

(1) Nella parte centrale della carta d' Italia l'errore sarebbe di circa 4 chilometri; sul parallelo medio d' Europa (52°. 30') sarebbe di 3.50.

Digitized by Google

Lat. geog.	Lunghezza del raggio		
	in gradi	in m. g. It.	in chil.
76	14.28	856.80	1590.22
77	13.22	793.20	1472.18
78	12.18	230.80	1356.36
79	11.14	668.40	1240.55
80	10.10	606.00	1124.74

Le parti della superficie terrestre che più si prestano ad essere in tal modo rappresentate sono naturalmente le regioni al di là del 45° di latitudine, quando comincia ad essere marcata la curvatura dei paralleli (1). Perciò abbiamo alla fig. 2 della Tav. III costruito la carta delle isole Britanniche colla scala di $\frac{1}{10.000.000.}$ Essa deve estendersi per 10° di lat. sett. (dal 50° al 60°) che verranno segnati sul meridiano mediano alla distanza di 11mm,1 uno dall' altro. Sul prolungamento dello stesso meridiano si dovrà quindi segnare il loro centro, o, meglio, il centro del parallelo mediano, che nel caso nostro è il 55°. Per tale grado la tabella dà chil. 4467.76, distanza ridotta secondo la scala della carta corrispondente a cent. 44.67. A questa distanza adunque noi centreremo per descrivere poi tutti i paralleli passanti per i punti già segnati. Nel solito modo verranno infine descritti i meridiani.

Simile a questa è la projezione *omeotera di Tolomeo*, la quale non differisce dalla precedente se non nella delineazione dei meridiani pei quali si segnano i gradi di longitudine a ciascun parallelo e quindi essi risultano linee curve (2). Alla fig. 15 della Tav. II abbiamo rappresentato con questa projezione tutto l'emisfero settentrionale. Nel suo complesso la figura riesce elegantissima, però essa non è affatto opportuna quando la regione sia estesa per più di 180° di longitudine. Resta sempre però la rappresentazione migliore per le grandi estensioni di uno stesso emisfero, e perciò abbiamo alla fig. 4 della tav. 3 costruito con essa la carta del continente asiatico nella scala di $\frac{1}{120.000.000}$ seguendo le regole già sopra accennate (1).

Chiudendo questi brevi cenni sulle projezioni geografiche, diremo di un ultimo sistema, che per la sua semplicità e bellezza serve anche di ornamento agli atlanti moderni. È questo la projezione *stellare*, colla quale si può rappresentare tutta la superficie terrestre (Tav. II, fig. 14) Essa è basata sul principio seguente: descrivere un emisfero colla projezione polare equidistante e l'emisfero opposto con tanti raggi stellari di lunghezza uguale al raggio della projezione stessa. Risulta quindi che i detti raggi sono tanto più numerosi quanto più lo sono le divisioni praticate sulla circonferenza massima; che i meridiani dei raggi stellari vengono rappresentati da rette convergenti ai loro vertici dove trovasi il polo; che finalmente i paralleli nei raggi stessi saranno altrettanti archi di circonferenze concentriche all' altro polo, centro della figura (2).

(1) Secondo il Fiorini (op. cit. p. 632), questa projezione sarebbe usata nell' edizione di Tolomeo del 1472. — Ad ogni modo il Mercatore fece con essa la carta d'Europa fra il 30° e l'80° di lat. sett., conservando i gradi di longitudine al 40° e 60°. (La carta fu pubblicata nel 1554). — Nicolò Zeno nel 1558 riprodusse con essa la carta dei fratelli Nicolò e Antonio Zeno.

(2) La denominazione di *Omeotera* fu proposta dal D' Avezac e significa *più somigliante*. Essa fu trovata da Tolomeo, che la chiama *descrizione più simile alla figura della terra* (*Geographia*, lib. I° C.XXIII). Il raggio dell' equatore avrebbe un raggio di 181° 50' (Delambre op, cit.). I gradi di longitudine furono presi, oltre che sull' equatore, sui paralleli di Thule, Siene, e Meroe allora ritenuti rispettivamente alla lat. sett. di 63°, 24° e 16°. Dopo Tolomeo essa fu molto studiata e modificata specialmente da Bernardo Silvano (V. Lelewel op. cit. Tav. XIV); dal Mercatore che, prendendo il centro dei paralleli a 165° 50' dall' equatore, calcolò in ciascun parallelo le lunghezze dei gradi di longitudine in rapporto a quelli di latitudine. (V. Iscrizione nella *Universalis tabula juxta Ptolomaeum* — ed. di Colonia del 1578); nel 1596 dal Magini; nel 1642 dal Fournier; nel 1650 dal Varen e in seguito dal Bonnes dal Dépôt de la Guerre dal Flamsteed.

(1) Nel 1527 il Loritz propose la projezione detta dal D'Avezac *colangenziale*, in cui i paralleli sono considerati come circoli d'osculazione di altrettanti coni differenti e i meridiani sono rappresentati da curve, prodotte dall'unione delle loro generatrici

(2) La projezione *stellare*, ma *irregolare*, fu ideata dal naturalista tedesco G. Jager nel 1865; e la *regolare* si deve al Petermann.

FINE DEL PRIMO VOLUME.

Digitized by Google

INDICE ANALITICO

A

Aar, 329, 338, 350, 351, 396, 411, 760.
Abano, 389.
Aberdeen 777, 873.
Abimes-de-Myans, 413.
Abissinia, 249, 303, 324, 335, 490, 851.
Abrolhos, 615.
Abruzzi, 518.
Abundantia, 113.
Acaba, 444.
Ac Degnis, 602.
Achem, 513.
Achen, 440.
Achenthal, 441.
Achiz, 440.
Aci Reale, 641.
Acmollinse, 294, 822.
Aconcagua, 282, 304, 335, 590.
Acquario, 4, 5, 21, 24, 27, 28.
Actuba, 418.
Adamello, 321.
Adda, 329, 355, 404, 408, 416, 424, 452.
Adelaide, 244.
Adelia, 377.
Adelsberg, 324, 382, 392, 393, 394.
Aden, 713.
Adige, 325, 329, 355, 409, 413, 421, 422, 423, 425, 433, 796, 842.
Adolfo, 633.
Adour, 576.
Adrianopoli, 295.
Adriatico, 277, 278, 293, 301. 325, 386, 403. 421, 427, 433, 441, 447, 453, 460, 519, 578, 581, 602, 615, 618, 624, 625, 627, 629, 638, 642, 644, 645, 647, 651, 652, 653, 658, 709, 794, 801, 802, 803, 817.
Adula, 323.
Adventure-banc, 626.
Alfonso, 405.
Afgana, 303.
Afganistan, 305.
Afgano, 305.
Afresia, 265.
Africa 164, 209, 236, 237, 238, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 261, 270, 283, 287, 288, 289, 297, 298, 302, 309, 310, 324, 400, 402, 438, 440, 451, 450, 479, 490, 516, 526, 556, 560, 582, 603, 604, 609, 610, 614, 618, 619, 622, 624, 625, 626, 636, 650, 651, 655, 667, 679, 682, 683, 687, 688, 689, 702, 709, 725, 726, 727, 728, 774, 775, 785, 794, 798, 809, 810, 811, 817, 821, 830, 843, 844, 845, 846, 854, 856, 857, 874, 876, 877, 878, 881, 883, 897, 901,
Agger, 260.
Agnano, 440, 487.
Agordo, 413, 440.
Agostino (S.) 272.
Aguas de Comangilla, 390.
Aguglie, o Agulhas, 252, 604, 609, 655, 687.
Ahaggar, 303.
Ahuachapam, 492.
Aigle, 153, 154.
Aigues Mortes, 437.
Aja, 174, 873.
Ajaccio, 264.
Ala, 796.
Alabama, 842.
Alacul, 451.
Alais, 155.
Alaska, v. Aliasca.
Ala-tai, 306.
Ala-Tau, 283, 294.
Albani, 17, 316, 487.
Albania, 283, 310, 526, 802.
Albano, 280, 451, 453, 487.
Albany, 420, 692.
Albert Nyanza, 303.
Alcazar de San Juan, 394.
Alcione, 14.
Alcor, 14, 21.
Aldebaran, 4, 5, 6, 17, 34.
Alemteio, 296, 822.
Alençon, 153.
Alessandria d'Egitto, 204, 516, 627, 836, 842, 846, 897.
Alessandria (di Piemonte), 753, 758, 781, 822, 828, 842.
Alessandro, 238, 610.
Alessio, 626.
Aletsch, 326, 359.
Aleutine od Aleuzie, 209, 256, 265, 479, 483, 488, 620, 621, 658, 687, 688, 702, 774.
Alfeo, 386.
Alfianello, 152, 153,
Algarve, 202.
Algeri, 748.
Algeria, 225, 526, 625, 728, 774, 799, 802, 846, 849.
Algol, 20.
Algovia, 316.
Aliasca, 121, 209, 244, 260, 287, 324, 488, 577, 608, 611, 679, 773, 872.
Alicante, 278.
Alicudi, 488.
Alicuri, 229.
Allée Blanche, 319, 336.
Allegani o Alleghany, 299, 300, 319, 327, 330, 398, 400.
Alleghe, 413, 440.
Almeria, 800.
Almiranti, 272.
Alpi, 153, 171, 275, 283, 284, 316, 317, 319, 320, 322, 323, 324, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 338, 340, 342, 344, 345, 347, 349, 355, 358, 359, 368, 369, 386, 398, 407, 413, 422, 510, 542, 557, 566, 574, 576, 579, 581, 582, 586, 587, 592, 703, 722, 728, 732, 751, 753, 766, 791, 796, 801, 802, 803, 818, 819, 820, 842, 849, 850, 874, 875, 878.
Alpi australi, 319.

AVVERTENZA. — Si avverta che alcuni nomi propri, quali quelli di *Terra, sole, luna,* che ricorrono quasi ad ogni pagina, si esclusero pensatamente dal presente indice. Per le ricerche riguadanti tali argomenti sarà più opportuno al lettore servirsi dell' *Indice Sistematico,* posto a capo del volume.

Digitized by Google

Alpi centrali, 321, 327, 422, 443.
Alpi occidentali, 322, 423, 835.
Alpi orientali, 320, 325, 327, 835.
Alsazia, 278, 322, 801.
Altai, 287, 306, 316, 875.
Altare, 7.
Altembekum, 388.
Alten, 749.
Alti-Sveher, 306.
Alting-tag, 305.
Altino, 461, 526.
Aluta, 325, 329, 398, 353.
Alvernia, 469, 480, 487, 722, 723.
Amari, 440, 713.
Amasia, 256.
Amazzoni, 291, 292, 300, 301, 312, 395, 396, 398, 399. 400, 401, 402, 405, 408, 409, 420, 428, 434, 457, 542, 543, 551, 563, 619, 630, 667, 680, 682, 683, 692, 693, 703, 774, 843, 844, 883.
Amburgo, 184, 282, 419.
Amedeo, 298.
America, 15, 111, 112, 154, 158, 214, 239, 241, 249, 250, 251, 252, 260, 283, 284, 287, 288, 289, 298, 300, 302, 304, 324, 329, 362, 364, 365, 381, 416, 423, 438, 450, 453, 456, 459, 488, 507, 550, 556, 557. 561, 566, 567, 568, 570, 571, 578, 583, 586, 588, 590, 595, 603, 688,
America centrale, 240, 251, 468, 479, 499, 517, 518 725, 844, 850.
America merid. 209, 236, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 287, 289, 292, 301, 303, 310, 314, 316, 319, 396, 398, 400, 401, 411, 492, 510, 520, 526, 542, 603, 609, 613, 614, 621, 633, 655, 673, 682, 687, 689, 702, 722, 726, 727, 741, 751, 774, 775, 785, 794, 810, 842, 844, 845, 846, 849, 856, 872, 875, 880, 883.
America settent., 180, 238, 240, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 260, 262, 287, 289, 292, 299, 310, 399, 400, 404, 405, 444, 496, 499, 518, 526, 542, 572, 595, 614, 619, 684, 673, 738, 771, 773, 774, 775, 776, 785, 802, 819, 824, 846, 863.
Americano artico (arcipelago), 68.
Amicizia, 489.
Amiens, 789.
Ammen (abisso dell'), 621.
Ammiragliato, 272.
Ammone, 297,
Ammoniaca, 723, 727.
Ampezzo, 849.
Amsterdam, 278, 279, 615.
Amu-Daria, 400, 410, 846.
Amur, 296, 306, 399, 401, 426, 738.
Anahuac, 303.
Anas, 395.
Anatolia, 297, 305, 789.
Anavoto, 387.
Ancona 625, 627, 754, 840.
Andaman, 272.
Ande, 150, 275, 277, 284, 300, 301, 302, 303, 310, 311, 315, 324, 327, 386, 400, 401, 433, 510, 542, 587, 619, 621, 722, 751, 810, 827, 875.
Andermatt, 743.
Andrew, 820.
Andro, 627.
Andromaca, 113.
Andromeda, 5, 6. 21, 136, 156, 159. 161.
Andromedeidi, 158, 159, 161.
Anello di Saturno, 123.
Angelo (S.) in Vado, 582.
Angerer, 389.
Angiari-Legnago, 425.
Angostura, 300.
Angoulême, 152, 516.
Anna (S.), 319, 851.
Anniggok, 633.
Annobon, 490.
Annover, 285.
Antares, 4, 6, 17, 33.
Antartico, 375, 376, 378, 381, 603, 604, 605, 606, 610, 611, 622, 623.
Antelao, 323, 325, 413.
Antigoa, 789, 790.
Antille, 240, 250, 251, 260, 265, 278, 479, 499, 516, 517, 526, 530, 618, 619, 638, 639, 682, 683, 690, 714, 789, 790, 844.
Antinoo, 3.
Antioco S, 637.
Antisana, 324, 827.
Antonio (S.), 408.
Antuco, 475.
Anversa, 291.
Anzasca, 741.
Anzin, 740.
Aosta, 751, 849.
Apalachicola, 438.
Apennino, 227, 244, 281, 316, 317, 319, 321, 323, 329, 333, 427, 456, 491, 514, 577, 578, 586, 587, 590. 595, 751, 753, 820, 839.
Aphroessa, 470.
Apsceronte, 244.
Apure, 311.
Aquario, 6, 7.
Aquila, 5, 6, 7, 17, 41, 44, 506, 507, 754.
Aquileia, 461.
Aquisgrana, 312.
Arabia, 243, 250, 251, 252, 305, 309, 310, 456, 490, 526, 574, 602, 603, 604, 834, 844, 875, 876, 877, 883.
Arabica, 250, 251, 628.
Arafura, 261, 298, 610.
Arag, 297.
Aral, 240, 249, 295, 305, 410, 426, 449, 450, 456, 757, 776, 875.
Aralo Caspica, 556.
Aran, 586.
Ararat, 490, 854.
Arasse, 426.
Arauca, 311.
Aravaypa, 416.
Arbela, 207, 208.
Arcachon, 279.
Arcangelo, 295, 419.
Ardèche, 391, 411, 839.
Arequipa, 304, 517.
Aretusa, 386, 391.
Arezzo, 584.
Argens, 275.
Argenta, 431.
Argentaro o Argentario, 637, 641.
Argentina, 139, 302, 309, 436, 500, 689, 691, 801, 803.
Argo, 7, 17, 19, 387.
Arianna, 95, 113.
Arica, 624.
Ariele, 88, 125.
Ariete, 4, 5, 6, 199, 200, 413.
Arin, 205.
Aristarco, 227, 228.
Arizona, 303, 758, 846.
Arizona City, 299.
Arkansas, 300.
Arlberg, 742.
Armenia, 305, 450, 452, 576.
Armi (capo dell'.), 637.
Arnautkein, 713.
Arno, 296, 329, 397, 409, 432, 582, 583, 584.
Arona, 291.
Arracan, 265.
Arscis, 275.
Arso, 484.
Artico, 238, 243, 375, 376, 377, 378, 420, 603, 604, 605, 606, 609, 610, 611, 623, 650, 651.
Arthur's Seat, 181.
Artois, 388,
Arturo, 2, 5, 6, 16, 17, 34, 39, 139, 142.
Arve, 337, 797.
Ascae Scin, 450.
Ascensione, 49, 263, 618, 619, 642, 650, 844.
Asfaltide, 280, 447.
Asia, 154, 209, 237, 238, 239, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 260, 261, 274, 283, 287, 288, 289, 292, 293, 296, 297, 298, 303, 306, 307, 329, 365, 369, 399, 438, 488, 489, 523, 526, 550, 590, 604, 610, 614, 620, 623, 660, 686, 687, 688, 689, 708, 727, 760, 776, 778, 798, 802, 811, 845, 846, 872, 875, 876, 877, 879, 881, 897.
Asia centrale, 225, 294, 316, 479, 775, 776.
Asiago, 839.
Asia Minore, 243, 290, 404, 432, 440, 490, 500, 516, 526, 574, 763, 764, 802.
Asinara, 626.
Asluge, 298.
Aspinwall, 843, 884.
Aspri thalassa, 602.
Aspronisi, 264, 265.
Assal, 450.
Assia, 286.
Assonval, 789.
Assuan, 297.
Astracan, 419, 822, 842.
Astrea, 88, 112.
Astro, 387.
Atair, 17, 34.
Atciafalaia, 435, 436.
Atene, 155, 156, 204, 758, 798, 834, 836, 869.
Athabirio, 275.
Athlas, 603.
Athos, 274, 275.
Atlante, 14, 275.
Atlantic Creek, 397.
Atlantico, 172, 208, 225, 240, 241, 251, 252, 262, 278, 294, 295, 299, 300, 302, 320, 329, 362, 364, 365, 369, 374, 375, 379, 397, 399, 438, 460, 483, 489, 542, 570, 582, 587, 602, 604, 605, 606, 607, 609, 610, 611, 613, 614, 615, 616, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 625, 639, 640, 642, 643, 645, 649, 650, 655, 656, 657, 660, 661, 662, 663, 671, 672, 673, 677, 678, 679, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 707, 708, 710, 711, 712, 713, 716, 720, 722, 727, 759, 773, 874, 775, 777, 781, 797, 809, 810, 811, 816, 819, 830, 834, 843, 845, 846, 853, 854, 856, 857, 876, 878, 880, 883.
Atlantide, 262.
Atrec, 309.
Atrio del cavallo, 469.
Attica, 454.
Atures, 300, 404.
Auckland, 142.
Augila, 297.
Augusta, 841.

Digitized by Google

Augustus, 298.
Aullaga, 303, 450.
Aumale, 154, 249.
Auriga, 4, 6, 7, 44.
Auriny, 525.
Austerich, 360.
Australasiatico, 606, 607, 608.
Australe, 881.
Australi, 238, 242.
Australi (Alpi), 298.
Australia, 209, 237, 238, 240, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 260, 261, 269, 272, 287, 288, 289, 292, 293, 298, 303, 364, 381, 399, 401, 438, 542, 568, 604, 610, 614, 620, 622, 633, 650, 652, 660, 677, 679, 687, 688, 689, 702, 706, 746, 757, 774, 775, 785, 789, 797, 798, 810, 824, 841, 845, 846, 847, 848, 850, 854, 875, 877, 884.
Australis (continens), 241.
Austria, 112. 205, 278, 286, 290, 625, 774, 796, 842.
Austriaca Sidera, 59.
Austro-Ungarica, 974.
Auvergne (plateau d'), 290.
Avana, 437.
Averno, 440, 467.
Avignone, 408.
Avon, 272.
Azof, 440, 490, 491, 576, 612, 708, 709, 713.
Azzorre, 205, 262, 263, 283, 362, 393, 482, 618, 619, 649, 661, 690, 699, 725, 726, 775, 809, 811, 849.

B

Bab-el-Mandeb. 249, 490, 605, 606, 714.
Babilonia, 309.
Bacchiglione, 411.
Bacu, 449.
Baden, 285, 753.
Bad-Land, 545.
Baffin, 362, 363, 365, 369, 374, 375, 581, 582, 604, 611, 623, 638, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 693.
Bagdad, 297, 854.
Bagnara, 514.
Bagni di Lucca, 532.
Bahama, 526, 684, 777.
Bahar-el-Safinc, 479.
Bahia, 619, 638.
Bahr, 443.
Bahr-el-abiad, 357, 396.
Bahr-el-gazel o Bahr-el-ghazal, 298, 420, 457.
Bahr-el-gebel, 457.
Bahr-el-zeraf, 457.
Bahrieh, 297.
Baical, 240, 449, 451, 454, 455, 456, 738, 774, 845, 846.
Baja, 465, 529, 530.
Baja Carmaculi, 611.
Bajador, 726.
Bajam Sum-bur, 283.
Bajona, 278.
Baku, 491.
Balaton, 440, 458.
Balazore, 714.
Balcan, 309, 329, 456, 803.
Balcanica (penis.) 244, 251.
Balcas, 240, 295, 306, 451.
Baldo, 281, 319, 386.
Baleari, 260, 624, 625, 626, 659, 802.
Balena, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 35.
Bali, 250, 261,
Baltico, 278, 295, 296, 375, 427, 454, 456, 524, 576, 602, 606, 608, 618, 627, 628, 633, 637, 641, 643, 647, 651, 707, 708, 709, 710, 711, 713, 773, 774.
Baltimore, 208.
Bamo, 307.
Banco Columbos, 265, 483.
Banda, 628, 638, 660.
Banjuwamja, 851.
Bank, 577.
Bantam, 478.
Barano, 389.
Barbada, 789, 790.
Barbaro, 465, 467.
Barendz, 611, 651, 664.
Barhampur, 752.
Bari, 840.
Barletta, 462.
Barnaul, 293, 420, 771, 823, 842.
Baros, 517.
Barra, 396
Barranhead, 630.
Barren, 265, 480.
Barrier, 269.
Barrow, 608.
Bartlett, 628.
Basilea, 329, 418.
Basilia, 411.
Basilicata, 514, 515.
Bass, 251.
Basse, 271, 272.
Batabano, 387.
Batavia, 477, 516, 725, 769.
Baticaloa, 845.
Batoa, 513.
Batòn Rouge, 435.
Bauergraben, 394.
Baura, 842.
Baviera, 278, 404, 439, 576, 721, 841, 842, 897.
Bayonne, 279.
Bazias, 419.
Bear, 421.
Beauforts, Haf, 623.
Bebedero, 451.
Bee Hive, 496.
Belfort, 329.
Belgio, 205, 286, 310, 312, 330, 458, 524, 575, 740.
Belgrado, 152, 329, 403, 842.
Bell, 416.
Bellegarde, 394.
Bellinzona, 802.
Belknap (fondo), 621.
Bell-Rok, 630.
Bellunese, 320, 413, 513.
Belluno, 754, 839, 878.
Belt, 605, 647.
Bel Tempo, 324.
Belvedere, 354, 355, 356.
Beluccistan, 303, 846.
Bemba, 303.
Bengala, 240, 279, 490, 628, 687, 752, 798, 822, 857, 877.
Bengveolo, 303.
Beozia, 394, 451, 454.
Berberi, 309.
Berchtesgaden, 771.
Bergamo, 152, 183.
Bergegi, 525.
Bergen, 397, 869, 874.
Bergons, 320.
Bergullo, 491.
Berici, 587.
Bering o Behring, 209, 240, 335, 364, 365, 366, 369, 375, 604, 605, 606, 608, 610, 611, 623, 628, 663, 684, 687, 688, 768, 773.
Berlino, 48, 88, 151, 160, 206, 208 239, 254, 277, 741, 742, 825, 878.
Bermude, 266, 270, 272, 617, 619, 661.
Berna, 721, 732, 782, 791, 836.
Bernardino (S). 299.
Bernardo (S.) 379, 757.
Bernardo (Gr: S.) 324, 342, 767, 849.
Bernardo (Picc. S.), 326, 839, 849.
Bernina, 326, 328, 329.
Besançon, 841.
Bétaira, 477.
Betelgeuze, 4, 17.
Bhar sefid, 602.
Bhosuwul, 840.
Biagio (S.), 492.
Bianca, 469.
Bianco (fiu.), 396.
Bianco (mar), 607, 611, 726, 738, 759, 854.
Bianco (monte), 76, 171, 172, 248, 277, 280, 281, 282, 283, 284, 304, 306, 319, 322, 323, 324, 326, 327, 337, 560, 590, 650, 722, 747, 773, 797.
Biela (com. del), 132, 133, 134, 135, 136, 159, 161, 162.
Biella, 835.
Bienne, 451.
Bientina, 462.
Bilancia, 4.
Bilbao, 802.
Binuè, 396.
Birmania, 307, 492.
Bir Milrha, 757.
Bir Ressam, 297.
Biscaglia, 616, 630.
Biscra, 846.
Blanco, 394.
Bludenz, 801.
Bluffs-Green, 555.
Bochnia, 542.
Bodele, 298.
Boema, 842.
Boemia, 135, 576, 587, 723, 739.
Bogolowsk, 842.
Bogota, 300, 304, 517, 851.
Bogra, 841.
Bois, 336.
Boite, 413.
Bojador, 609.
Bojano, 513, 515.
Bolabola, 267.
Bolivar, 300.
Bolivia, 284, 304, 451, 489, 767.
Bologna, 49, 152, 183, 174, 184, 282, 291, 834, 839, 842, 849.
Bolsena, 587.
Bolzano, 839.
Bombay, 123.
Bon, 250, 626.
Bona, 625.
Bondione, 407.
Bongbong, 265.
Bonifacio (bocche di) 605, 659.
Bonin, 209, 614, 620, 621.
Bonn, 11.
Boote, 5, 6, 21.
Boothia, 244, 610, 854.
Bootle, 739.
Boratella, 740.
Borbone, 265, 469, 471, 480, 490.
Borbonia, 59.
Bordeaux, 152, 181, 570, 871.
Borgia, 515.
Boristene, 194.
Borneo, 241, 242, 261, 324, 450, 687, 725.
Bornholm, 633.
Bornorr, 362.

Digitized by Google

Borta, 413.
Bosforo, 375, 605, 627, 631, 713.
Bosnia, 386.
Bosques, 301.
Bossekop, 611.
Bossom, 747.
Boston, 871.
Botnia, 367, 524, 647,
Bottanuco, 416.
Bouches du Rhône, 423.
Boulogne, 279.
Bourtange, 459.
Bove, 227, 319, 469, 471, 521.
Brà, 842.
Bracciano, 451, 587.
Brahuí, 313.
Brahmaputra, 296, 305, 325, 329, 398, 399, 400, 432, 434.
Brandeburgica sidera, 119.
Brasile, 153, 175, 270, 301, 311, 401, 612, 614, 615, 619, 689, 691, 739, 843, 850, 854, 880.
Brazzaville, 405.
Brema, 88.
Brenner, 304, 328.
Brenta, 386, 399, 411, 427.
Brenva, 337, 760.
Brescia, 152.
Brest, 278, 279.
Brettagna, 210, 243, 244, 295, 296, 310, 620, 630, 637, 763, 896.
Brianza, 355.
Briatico, 507.
Brienz, 451, 453.
Brindisi, 173, 627.
Bristol, 763.
Britanniche, 259, 556, 586, 620, 622, 679, 683, 775, 777.
Britannico, 260, 607, 608.
Brochen, 316.
Bromo, 481.
Brondolo, 421, 431.
Brorsen (com. del), 132, 147.
Brown (m.) 324, 400.
Brun, 725.
Bruno (S.), 505.
Bruxelles, 873.
Bucaria, 306.
Buces, 325.
Buchen-fiord, 628.
Buda, 789.
Buenos Aires, 302, 846, 848, 872.
Buitenzorg, 851.
Bulgaria, 846.
Bulicame, 389, 390.
Bulla, 491.
Bullerbom, 388.
Bullsund 851.
Buona Speranza (capo di), 12, 48, 50, 76, 143, 155, 172, 175, 208, 248, 249, 252, 364, 376, 642, 663, 668, 687, 702, 809, 817, 844, 848, 880.
Burntisland, 586.
Buru, 248.
Busa della Pila, 431.
Bus de la Lum, 386.
Buss, 526.
But, 414.

C

Cabugaro, 300.
Cabul, 305.
Caccia, 629.
Cačgar, 306.
Cadice, 205, 206, 209, 516, 715.
Cadorine, Alpi, 325.
Cadore, 325.
Cagliari, 296, 625.
Cagnaveral, 615.
Caidacbai, 449.
Caienna, 655.
Caifung, 425, 426.
Cairo, 297, 834, 836, 842.
Caisarie, 305.
Cajambe Urco, 324.
Cajenna, 49, 844.
Calabria, 225, 258, 259, 440, 467, 505, 506, 507, 511, 512, 513, 514, 518, 519, 523, 525, 526, 532, 626.
Calahari, 844, 846, 847.
Calais, 173, 259, 279, 605, 606, 613, 673, 679,
Calcutta, 173, 437, 614, 714, 790, 845, 851, 869.
Caledonia, 209, 775.
Calgan, 306.
California, 172, 173, 209, 244, 250, 251, 252, 299, 407, 488, 499, 606, 608, 618, 620, 643, 688, 702, 751, 775, 797, 843, 845, 846.
Calisto, 119.
Callao, 209, 517, 621, 715.
Caltabianco, 414.
Cama, 295.
Camargue, 434, 437.
Cambodge, 296.
Cambrigde, 23, 88, 126, 633.
Camerino, 841.
Camerun, 283, 297, 324.
Camilla, 115.
Camiscin, 294.
Camo, 306.
Campania, 456, 514, 525.
Campidoglio, 206.
Camp Mohave, 846.
Campo Major, 822.
Camsciatca, o Camcătca, 243, 252, 260, 297, 307, 324, 489, 520, 608, 738, 771, 774.
Canaan, 290.
Canadiani (laghi), 443, 449, 450, 526, 527, 575, 577, 846, 854, 856.
Canal Bianco, 431.
Canarie, 205, 275, 489, 639, 649, 689, 699.
Canavese, 789.
Cancal, 278, 279.
Canchingianga, 282, 284, 304, 324, 328.
Cancro, 4, 5, 22, 193, 609.
Candalasca, 738.
Candia, 251, 277, 625, 651, 794.
Cane (grotta del), 501, 723.
Cane Maggiore, 41.
Cane Min., 5, 6, 41.
Canigou, 281.
Canin, 244, 296, 854.
Cannes, 387.
Cannone Cattowood, 547.
Canopo, 16.
Cansiglio, 307, 323, 386, 391.
Cantabrici, 319.
Can Tengri, 324.
Canton, 296, 452, 848.
Canziano (S.), 385.
Canzirvi, 259.
Capitanata, 526.
Capo, 240.
Capodimonte, 22, 841.
Capra, 4, 5, 6, 16, 17, 34, 39, 115, 127.
Capraia, 263.
Capri, 641.
Capricorno, 4, 21, 193, 774, 775.
Cara, 605, 611, 623, 651, 686, 773.
Carabugaz, 449.
Caracas, 517.
Caraibico, 293, 606, 618, 628, 645, 693, 785.
Caracorum, 304, 305, 324, 327, 335, 760, 796.
Cara-Cul, 305, 450, 451.
Carasu, 449.
Caravalu, 844.
Carentan, 279.
Caria, 576.
Cariddi, 259.
Carilli, 658.
Carinzia, 304, 791.
Carlsbad, 392.
Carnia, 325, 393, 413.
Carniola, 393.
Carolina del sud, 155.
Caroline, 209, 272, 450, 469, 527, 621, 628, 845, 871.
Carpazi, 227, 295, 316, 317, 325, 335, 448, 459, 842.
Carpentaria, 261, 298.
Carrao, 264.
Carro, 4.
Carso, 291, 323, 385, 386, 394, 782, 803.
Cartagine, 207, 208, 249, 492, 625, 659.
Cartaret, 850.
Carusalius, 324.
Casalnuovo, 514, 515.
Casamicciola, 505, 510, 511, 515, 516.
Casan, 418, 419, 842.
Casanca, 418.
Casbec, 324.
Cascate, 488.
Case, 629.
Casio, 275.
Casola, 491.
Caspio, 240, 243, 244, 247, 249, 250, 265, 293, 294, 295, 299, 309, 396, 418, 426, 431, 444, 447, 448, 449, 450, 451, 456, 459, 490, 491, 567, 576, 590, 597, 602, 603, 626, 822, 845.
Cass, 820.
Cassiopea, 4, 6, 7, 10, 17, 19, 35, 41, 44.
Cassiquiare, 300, 301, 411.
Castel Gandolfo, 819.
Castellamare, 716.
Castiglia, 851.
Castiglia (Nuova), 303, 822.
Castiglia (Vecchia), 303.
Castiglion d'Orcia, 391.
Castiglione, 462.
Castle, 655.
Castore, 17.
Castore e Polluce, 5.
Catamarca, 842,
Catania, 296, 472, 473, 510, 525, 641, 724, 786, 789.
Catanzaro, 840,
Caterina (S.), 153.
Catharina (S.), 849.
Catmandu, 328.
Catria, 281.
Cattaro, 625, 633, 634.
Cattegat, 608.
Cattiavar o Cattgivar, 243, 297.
Caucaso, 274, 275, 294, 295, 316, 317, 319, 324, 327, 329, 330, 448, 456, 488, 490, 491, 750, 751, 759, 760, 802, 850.
Caustiche, 27.
Cavasso, 443.
Cavo, 17, 280, 316.
Cayenne, 174.
Cecina, 462, 500.

Digitized by Google

Cefeo, 7, 41, 200.
Ceilan o Ceylan, 180, 227, 251, 256, 261, 270, 272, 622, 751, 835, 845.
Celano, 452.
Celebes, 256, 257, 261, 266, 492, 604, 618, 628, 660, 725, 774.
Celeno, 14.
Celjuschin, 248, 362, 610, 623, 773.
Cellina, 413.
Cenisio, 173, 304, 531, 742, 797.
Cerere, 88, 95, 112.
Cerro di Pasco, 304.
Cervino, 323.
Cesarea, 305.
Cesena, 740.
Centauro, 3, 6, 16, 17, 21, 22, 38, 39, 41.
Ceuta, 625.
Cevenne, 329, 802, 803.
Chabaud-Latour, 740.
Chaberton, 328.
Chaco o Ciacco, 154, 302, 311, 312.
Chagos o Ciagos, 261, 272, 622.
Chagres, 278.
Challenger, 609, 618, 621, 628.
Chambéry, 413.
Chamonix, 336, 339, 349, 353.
Chanak Kalessi, 627.
Chaos, 413.
Chapoiseau, 390.
Charchas, 153, 154.
Charente, 525.
Chargeh, 297.
Charleston, 155, 640,
Chatam, 209, 513.
Château-Thierry, 782.
Châtenay, 789.
Chaussey, 525.
Chazipur, 429.
Chenia, 324.
Cherbourg, 279, 645.
Cherraponjee v. Scerrapongi.
Cherso, 627.
Chesapeake, 468.
Cheville, 326, 328.
Chiana, 329, 397, 584.
Chiavenna, 413.
Chicago, 725.
Chief, 842.
Chiese, 355.
Chili o Chile, 49, 154, 300, 475, 489, 500, 504, 513, 517, 518, 526, 527, 530, 590, 620, 621, 689, 715, 774, 775, 797, 834, 846.
Chilimangiaro, 275, 324.
Chiling, 261, 268, 272.
Chillan, 335.
Chiloe, 260, 517.
Chimborazo, v. Cimborazo.
China, v. Cina.
Chingston, 429.
Chio, 627.
Chioggia, 461, 526, 644, 762
Chioma di Berenice, 3, 6, 7, 43.
Chiquitos, 301.
Chir-e-dien, 396.
Chirghisi, 293, 447, 542, 570.
Chirchis-nor, 306.
Chiscinef, 822.
Chisensc, 420.
Chisil-bâc, 306.
Chisilchetci, 491.
Chisil-cum, 294.
Chisil-irmac, 404.
Chistna, 438.
Chiva, 294, 410.
Chiveri, 387.
Chor, 305.
Chupa, 408.
Chuquisaca, 303.
Cialderie, 328.
Ciatir, 295, 296.
Cibali, 786.
Cicladi, 260, 264.
Ciclopi, 488.
Cigni (fiume dei), 438.
Cigno, 5, 6, 7, 23, 38, 44, 200.
Cillene, 275.
Ciloe, 689.
Cima Sappada, 320, 797,
Cimborazo, 277, 281, 284, 304, 324, 890.
Cimini, 487.
Cimon, 281, 282.
Cimon del Montasio, 319.
Cina, 260, 272, 316, 366. 388, 425, 516, 517, 526, 542, 602, 604, 606, 608, 618, 620, 628, 630, 638, 660, 687, 688, 702, 763, 774, 775, 785, 817, 818, 845, 875, 900.
Cingopamari, 273.
Cinquefrondi, 514.
Ciotat, 387.
Circello, 637.
Cirenaica, 310.
Cirus, 297.
Citlatepetl, 324.
Città del Capo, 661.
Città di Castello, 506, 507.
Ciungaria, 296.
Ciukci o Ciutci, 243, 295, 297, 608, 773, 774.
Civitavecchia, 151, 714.
Clavio, 227.
Clermond, 282.
Clermond Ferrand, 722.
Cliucef, 324.
Cnaan, 290.
Coast (capo), 655.
Cobdo, 306.
Cocco, 268.
Cochabamba, 303.
Cocos, 261.
Codigoro, 431.
Coggia (com.), 141, 142.
Cojno, 849.
Coimbra, 842.
Cokhburn, 248.
Col, 397.
Cola, 244, 296, 611, 738.
Colbergermünde, 279.
Cold, (Wall), 661, 662.
Colerum, 438.
Colico (piano di), 452, 453,
Collemezzano, 462.
Collians, 320.
Collina, 320,
Colombia, 400, 489, 496, 499, 526, 608, 688, 751.
Colombo, 845,
Colonia, 184.
Colorado, 299, 302, 303, 400, 415, 416, 438, 588, 846.
Columbia, 316, 397, 400.
Comacchio, 433, 460.
Como, 355, 439, 441, 442, 444, 451, 452, 453, 802, 839.
Como (lago) 388, 404, 796.
Comore, 252, 261, 272, 490, 621, 622, 845.
Compasso, 7.
Comto Dong 328.
Conca d'Oro, 296.
Conception, 335.
Concezione, 517, 518, 715.
Concincina, 296.
Concordia, 461.
Coney Island, 795.
Conger, 611.
Congo, 287, 398, 400, 401, 402, 405, 408, 428, 438, 450, 457, 619, 642, 647, 703.
Conseguina, 559, 590.
Contarina, 431.
Continente Antico, 246, 247, 248.
Continente Australe, 242, 246, 247, 248.
Continente nuovo, 246, 247, 248.
Conto, 213,
Cook, 272, 324.
Copai o Kopai, 394, 451,
Copenhagen, 174, 205, 206, 208, 605, 646, 711, 869.
Copernico, 227, 228.
Copiapo, 335, 517, 846.
Cora, 362, 367.
Corallino, 272, 628.
Corallo, 527.
Corassan, 294.
Cordigliera, 316, 335, 400.
Cordoba, 139, 142.
Cordova, 302, 311.
Corea, 243, 252, 307, 480, 605.
Coredo, 839.
Corfù, 798.
Corinto, 251,
Cornia, 500.
Cornovaglia, 595, 636, 741, 773.
Coromandel, 296, 482, 845, 798.
Corona, 5.
Corona boreale, 19, 21.
Corrente australe occidentale, 687.
Corrente del Golfo, 658, 661, 663, 664, 681, 682, 684, 707, 708.
Corrente di Humboldt. 673.
Corrente equatoriale, 682, 687, 708.
Corrente Nera, 687, 881.
Corrientes, 457.
Corsena, 532.
Corsica, 115, 260, 624, 625, 626, 629, 651.
Cortelazzo, 629.
Cortina, 326, 328.
Corvo, 5.
Coseguina, 267, 775.
Cosenza, 840.
Cosmoledo, 272.
Cossagul, 456.
Costa d'Oro, 800.
Costantina, 388, 849.
Costantinopoli, 291, 510, 605, 627, 713, 725, 798.
Costanza, 391, 404, 451, 454. 506, 801.
Costitution, 363.
Costrome, 419.
Cotan, 306.
Cotentin, 244.
Cötla, 489.
Cotopaxi, 324, 489.
Cotrone, 532.
Cottias, (Alpes), 324.
Craa, 251.
Cracatoa, 229, 477, 478, 489, 725.
Cracovia, 156.
Crasnoiarsc, 294.
Crasnoborsc, 854.
Cremano, 208.
Cremate, 480, 484.
Cremenciug, 405.
Cremona, 291.
Creta, 626.
Creusot, 742.
Crillon, 324.
Crimea, 244, 252, 295, 296, 329, 627, 846.
Crisium, 226,
Cristallo, 328.
Cristiania, 205, 206, 372, 397, 751, 753, 755, 756, 757, 781.

Digitized by Google

Croce (S.), 45, 391, 413.
Croce del Sud, 2, 3, 7, 17, 21, 41, 200.
Croce di Plecken, 324.
Croce di Timau, 328.
Cronstadt, 647.
Crucero, 304.
Cruz (S), 489.
Cuba, 180, 294, 587, 620.
Cuban, 438.
Cucen, 306.
Cucu-nor, 306.
Cuenca, 304.
Cuen-lun, 305, 316, 327.
Cufra, 757.
Culca, 505.
Cul-cun, 316.
Cuma, 295.
Cumana, 150, 158, 822.
Cumberland, 611.
Cunene, 438, 618.
Cuneo, 759, 874.
Cur, 297, 426.
Curascichi, 790.
Curdistan, 800.
Curili, 256, 260, 489, 520, 620, 621.
Curlandia, 244.
Curo Sivo, 335, 642, 687, 830, 881.
Cursoc, 304.
Cuxhaven, 279.
Cygni, 19.
Cylindre, 320.
Czirnicz, 451.

D

Dacca, 841.
Dachel, 297.
Dalai-nor, 449.
Dalmazia, 260, 526, 633, 757, 800.
Danese, 260, 482, 529.
Daniele (S,), 771.
Danimarca, 286, 556, 590, 609, 611, 659, 711, 725, 846.
Danoia, 360.
Danubio, 152, 295, 296, 324, 325, 395, 396, 398, 401, 403, 404, 405, 408, 409, 411, 418, 419, 429, 432, 437, 451, 457, 458, 627, 842, 846.
Danzica, 208.
Dapsang, 282, 304, 305, 324.
Dardanelli, 605, 625, 627.
Darling, 401, 298.
D'Arrest (com. del) 132.
Darwin, 845.
Darye-Cabir, 303.
Dastarian, 443.
Doubs, 396.
Davalaghiri o Daulaghiri, 284, 324.
Davis, 362, 364, 365, 609, 611, 623, 683.
Death Valley, 298.
Decan, 250, 251, 261, 307, 313, 316, 373, 751, 845.
Decize, 740.
Degano, 797.
Deimos, 88, 111.
Delaware, 398.
Delfinato, 227, 387, 423, 576.
Delfino, 6.
Delfo, 790, 791.
Delhi, 296.
Demavend, 282, 324.
Demba, 492.
Dènca, 396.
Dendera, 2.
Denebola, 5.
Derbent, 293, 449.
Derborence, 440.
Desaguadero, 303.
Desire, 438.
Devi, 282.
De Vico (1844), (Com. del), 133.
Devon, 611.
Devonshire, 561.
D-gnepr, o Dnieper, 295, 395, 465, 430, 458, 627.
D-gnester o Dniester, 395, 430, 627.
Dhanouta, 328.
Diableret, 440.
Diana, 453.
Dice, 115.
Diego (S.), 624, 846.
Diemen (terra di van), 236, 252, 854.
Dieppe, 279, 631.
Dingri, 328.
Diomede, 533, 604.
Dione, 124.
Dismal, Scramp, 527.
Djittangong, 434.
Dodabetta, 791.
Dofrini, 781.
Dogger-bank, 627.
Dolomitiche (alpi), 328.
Dolphin (rialto del) 609, 618, 619, 620.
Dombas, 781.
Don, 294, 295, 395, 427, 874.
Donati (1858) (Com. del), 130, 139, 140, 141, 143, 145.
Donau, 395.
Donaueschingen, 403.
Donez, 395.
Dora, 771.
Dora Baltea, 337, 355.
Doria Riparia, 355.
Dorne, 391, 711.
Doron, 797.
Dotog, 516.
Doubs, 396.
Douvres, 259, 613, 637.
Dovrefjeld, 781.
Dragone, 38, 187, 188.
Dranse, 260.
Dravo, 315, 325, 329, 389, 395, 842.
Dresda, 183.
Driesen, 88.
Drontheim, 397, 633, 635, 781, 851.
Dry Lake, 299.
Dublino, 856.
Duero, 427.
Dufour Spitze, 304.
Duino, 385.
Dumberlan, 611.
Düna, 419, 711.
Dunagiri, 282.
Dunkerque, 278, 279.
Dvina, 295, 419, 854.

E

Ebe, 88.
Ebridi, 489, 586, 630, 798, 880.
Ebro, 296, 430, 438, 802.
Eckerpforde, 279.
Écluse, 394.
Eco, 114, 115.
Edimburgo, 873.
Egai, 298.
Egedes, 622.
Egeo, 250, 624, 627, 713.
Egg, 489.
Egitto, 2, 194, 225, 290; 297, 388, 516, 526, 574, 603, 709, 799, 846.
Eider, 438.
Eifel, 487, 723.
Eisach, 842.
Eiskögele, 341.
Eismeertiefe, 622.
Elba, 398, 411, 418, 419, 427, 438, 626.
Elbrus, 319, 324, 490.
Elburs, 316, 324.
Elena (S.), 180, 262, 265, 612, 614 618, 619, 650, 750, 751, 856.
Elettra, 14.
El-Fegig, 298.
Elferkofel, 325.
El-Gasba, 298.
El-Gerid, 298.
El-Giuf, 298.
Elia (S) o Elias, 265, 324.
Elisabetta, 272.
Ellesmesc, 367.
Ellice, 272, 621.
Elsa di Perseo, 6.
Elton, 111, 447.
El Tih, 297.
Emilia, 395, 491, 578.
Emo, 275.
Ems, 404, 438.
Encelado, 88, 124.
Encke (com. dell'), 132, 133, 134.
Encouter, 527.
Enderby (terra di), 238, 610.
Engadina, 356.
Eolie, 464, 481, 483, 500.
Epomeo, 463, 480, 484, 487.
Equador, 303, 440.
Equatore, 335, 475, 500, 517, 526
Equatoriale (rialto), 618.
Equilio, 526.
Eraclea, 461, 526.
Erbil, 208.
Ercole, 5, 17, 23, 24, 46, 163, 204.
Erebo, od Erebus, 587, 610.
Eregli, 627,
Ergis, 452.
Erghéni, 294.
Eridano, 3, 4, 35.
Erie, 299, 405, 408.
Erivan, 854.
Erserum, 305.
Erz, 296.
Erzerum, 274.
Erzgebirge, 398, 751.
Esmeralda, 300.
Esnè, 2.
Espero, 104.
Esquimesi, 379.
Essequibo, 401.
Estacado, 303, 846.
Este, 425.
Estero, 302.
Estrella, 751.
Estremadura, 296.
Est see, 602.
Ethiopicum, 603.
Etiopia, 194.
Etna, 18, 183, 227, 275, 277, 280, 304, 315, 319, 324, 330, 355, 414, 463, 464, 467, 471, 472, 475, 476, 477, 478, 480, 484, 486, 488, 492, 510, 513, 514, 518, 521, 587, 590, 594, 751.
Etra, 113.
Eubea, 260.
Eufemia (S), 513.
Eufrate, 292, 294, 297, 309, 400, 401, 432, 457, 476, 896.
Eufrosine, 113.
Euganei, 304, 316, 586, 587.
Euganeo, 171, 314.
Eurasia, 249, 250.
Eure, 742.
Euripo, 454.
Europa, 15, 111, 119, 135, 140, 158, 172, 200, 205, 208, 209, 214, 225, 237, 238, 239, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 250, 251, 252, 253, 261, 274, 282, 283, 286, 287, 288, 289, 292, 295, 296, 297, 301, 302, 303,

Digitized by Google

304, 315, 319, 321, 328, 358, 364, 365, 378, 387, 395, 399, 407, 420, 438, 456, 458, 500, 511, 513, 516, 525, 530, 542, 543, 561, 566, 567, 568, 571, 576, 578, 581, 582, 584, 603, 604, 606, 610, 612, 614, 618, 619, 620, 622, 623, 624, 626, 634, 636, 682, 683, 684, 686, 688, 689, 691, 692, 693, 703, 704, 725, 760, 763, 771, 778, 786, 789, 803, 809, 819, 834, 851, 852, 854, 855, 871, 872, 874, 876, 877, 878, 879, 881, 883, 897, 903.
Eusino, 830.
Eva, 113.
Everest (mount), 273. v. Gaurisancar.
Eyre, od Eyrie, 298.

F

Fadalto, 413.
Fairweather, 324.
Falkland, 252, 365, 619, 665, 809.
Fango, 516.
Farafrah, 297.
Faresina, 387.
Farewell, 609.
Faro, 259.
Färoer, 263, 604, 609, 622, 650, 663, 873.
Farsistan, 443.
Far West, 287.
Faucigny, 797.
Faulhorn, 720, 721, 769, 827.
Faye (com. del), 132.
Felicudi, 488.
Felix, 244.
Fendissel, 259.
Fenice, 7.
Fenicia, 290.
Ferdinandea, 264.
Fernando 490.
Fernando Po, 844.
Ferrara, 432, 433, 842, 850.
Ferrato, 617, 850.
Ferro (isola del), 205, 206, 265, 458.
Fiandre, 763.
Filomela, 113.
Ficarolo, 431.
Figi, 272, 844.
Filadelfia, 208, 854, 871.
Filippine, 172, 209, 250, 256, 265, 297, 450, 489, 608, 660, 777, 845, 881.
Filippo (S), 391.
Fingal, 263.
Finisterre, 878.
Finlandia, 244, 293, 296, 367, 455, 524, 611, 647, 710, 738, 759.
Finmark, 863.
Finni, 312.
Fionchi, 281.
Fire Hale River, 496.
Firenze, 582, 827, 828, 842.
Fiske, 235. 633,
Fiume, 387.
Fiumicino, 432, 631.
Flegrei (Campi), 467, 483, 488, 500, 530, 587.
Fleiss Goldzecke, 304, 767.
Flevo. 637.
Floeberg Beach, 884.
Flora, 88, 95, 113.
Flores, 250, 261.
Florida, 244, 249, 250, 251, 252, 270, 300, 387, 459, 526, 605, 606, 609, 615, 631, 673, 682, 683, 684, 688, 693, 708, 844, 880.
Flumendosa, 395.
Fly, 298.
Fobos, 88, 111.
Foecunditatis, 226, 228.
Foenix v. Fenice.
Follonica, 462.
Fomalhaut, 5.
Fondachello, 492.
Fondi, 462.
Fondo di Macchia, 510, 521.
Fonseca, 725.
Fontestorbe, 388.
Fôringfôss, 407.
Forio, 505.
Forll, 842.
Forlivese, 519.
Forman, 742.
Formosa, 259, 256, 265, 489, 818.
Fornax, v. Fornello chimico.
Fornello chimico, 3.
Forni di Sotto, 403.
Fort, 714.
Fort Filimore, 846.
Fort Garland, 846.
Fort Rae, 611.
Fort-Royal, 789.
Fort S. Philip, 435.
Fort Simpson, 738.
Fortunate, 205.
Fort William, 437.
Fort Yuma, 846.
Fossone, 421.
Franc. Giuseppe, 238, 341, 379, 611, 773, 884.
Francesi, 310.
Francia, 49, 88, 112, 115, 131, 152, 154, 158, 174, 243, 259, 281, 283, 286, 296, 319, 355, 386, 388, 390, 391, 393, 418, 480, 487, 500, 521, 525, 542, 561, 574, 575, 587, 613, 625, 651, 709, 726, 727, 728, 740, 773, 786, 800, 817, 831, 846, 871, 874, 889.
Francisco (S.), 173, 302, 401, 405, 518, 608, 618, 620, 624.
Francoforte, 208.
Franz Josephs Höhe, 341.
Fraser, 400, 404.
Fredericia, 647.
Frederickshaab, 526.
Freetown, 655.
Freiberg, 183, 597.
Frejus, 304, 742.
Friburgo, 166, 184.
Frigga, 114, 115.
Frigoris, 226.
Friuli, 320, 413, 422, 441, 459, 460, 542, 770, 789, 802, 803, 849.
Frizone, 637.
Frosolone, 515.
Ftia, 113.
Fuchian, 605.
Fucine, 413.
Fucino, 452.
Funchal, 758.
Fundy, 526, 679.
Fuoco (terra del), 240, 248, 252, 379, 489, 527, 689, 846, 880.
Furca, 324.
Fuschen, 326.
Fusinojama, 621, 181.

G

Gabes, 298.
Gabun, 844.
Gail, 389.
Gailberg, 328.
Gairdner, 298.
Galassia, 7, 41, 42.
Galatz, 419.
Galdhöppig, 275.
Galita, 263.
Galizia, 542, 576, 633.
Galla, 303.
Gallapagos, 263, 265, 272.
Galles, 561, 603, 604.
Galles del Sud, 142.
Gallo (S.), 582.
Gallungung, 487.
Galwag, 615.
Gamalama, 489.
Gambart (com. del); v. Biela.
Gambia, 297, 457.
Gambier, 272.
Gange, 292, 293, 296, 297, 313, 319, 325, 399, 400, 408, 415, 420, 426, 428, 429, 430, 432, 434, 434, 437, 457, 543, 563, 568, 570, 621, 630, 790, 883.
Gang-dis-vi, 304.
Gangri, 305.
Ganimede, 119,
Ganzi, 305.
Garda, 319, 355, 404, 411, 439, 441, 442, 447, 450, 451, 453, 454, 519, 796, 802.
Gardafuen, 252.
Gardine's river, 491, 499, 501, 502, 503.
Gargano, 625.
Garonna, 155, 284, 295, 394, 786.
Gartoc, 306.
Gatachi, 439,
Gator, 800.
Gati o Ghati o Ghats, 307, 316, 323, 330, 798, 842.
Gaudenzio (S.), 329.
Gaur, 435.
Gaurisancar, 211, 227, 273, 277, 282, 284, 304, 305, 324, 325, 328.
Gavarnie, 318, 320, 407, 413.
Gave de Pau, 407.
Gazzelle, 298, 420, 443, 457.
Géant (col, du), 722.
Gebel-Chebrit, 479.
Gebel-Docân, 479.
Gefle, 524.
Gemelli, 4, 5, 6, 21, 41, 124,
Gemmi, 328, 760.
Gemona, 413.
Genezaret, 444, 447, 450.
Genova, 208, 225, 387, 624, 724, 817, 827, 828, 839, 842, 874, 877.
Gentry, 820.
Georgia, 414.
Georgia Australe, 238.
Georgian, 124.
Georgium Sidus, 124.
Gepatsch, 340.
Gerifalco, 515.
Gerlsdorf, 325.
Germania, 15, 112, 115, 152, 225, 256, 290, 310, 312, 316, 317, 362, 389, 404, 418, 458, 459, 487, 511, 561, 576, 587, 594, 602, 725, 727, 750, 763, 839, 846, 874, 900.
Gerusalemme, 137, 205, 280, 849.
Géryville, 849,
Gharsa, 298.
Ghazal, 443.
Giacobbe colla verga, v. Orione.
Giallo (mar) 297, 606, 643.
Gialo, 297.
Giamaica, 49, 172, 249, 505, 628, 844.
Giamma, 297.
Giandoc-scio, 305.
Giant, 499, 501.
Giantess, 496.
Giant geyser, 500.
Giapeto, 88, 124.

Digitized by Google

Giappone, 205, 209, 239, 241, 242, 260, 265, 272, 489, 500, 504, 513, 516, 517, 542, 574, 607, 608, 614, 618, 620, 621, 688, 702, 773, 775, 789, 790, 830, 845, 881.
Giappone (mare del) 628, 642, 643.
Giava, 229, 250, 256, 261, 268, 312, 477, 478, 480, 481, 487, 489, 492, 501, 516, 687, 721, 723, 725, 751, 794, 827, 842, 850, 851.
Giavair, 284.
Gibilterra, 240, 375, 438, 605, 606, 624, 625, 631, 636, 651, 683, 711, 712, 758, 874.
Gibson, 311.
Gietroz, 360.
Gigante, 336.
Gihan, 426.
Gilbert, 272, 621.
Gilolo, 256, 257, 271, 725.
Ginevra, 280. 282, 283, 391, 394, 404, 411, 439, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 645, 771, 797, 801, 839.
Gioliba, 297, 396, 401, 457.
Giordano, 421, 444, 447.
Giorgia, 802.
Giorgio (S.), 208, 263, 605.
Giorgio (S.) canale, 630.
Giorgio I, 470.
Giorgio (vulcano), 265.
Giovanni (S.), 385.
Giove, 2, 58, 86, 90, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 124, 125, 127, 133, 135, 137, 142, 145, 151, 197, 297, 535, 728.
Giove (satelliti di), 87.
Giovialis, Mundus, 119.
Giraffa, 44.
Giraffe (fiume), 457.
Girgenti, 482, 525, 992.
Giromagny, 740.
Gironda, 396, 418, 427, 630.
Gitagong, 434.
Giulia, 264, 265, 483, 483, 487, 725.
Giulie (alpi), 319, 324, 325.
Giunone, 49, 88, 112.
Giura, 557, 576.
Glaciale, (oceano), 244, 294, 295, 449, 622.
Glaciale Antartico, 487, 607, 663, 664, 665, 667, 673, 677, 679.
Glaciale Artico (oceano), 399, 607, 608, 640, 663, 664, 688, 708, 854, 881.
Glarus, 439.
Glascow, 156.
Glockner (Gross), 325, 326, 328, 340, 341.
Glockner Haus, 341.
Gnocca, 422, 431.
Gobi (des. di), 306, 307, 727, 757, 758, 775, 846, 884.
Godthaab, 611.
Goducchia, 526.
Golfo, 260, 640, 642, 656, 667, 686, 691, 693, 694, 699, 702, 703.
Golo, 396.
Gomera, 205.
Gondocoro, 771.
Gora, 295.
Gorea, 174, 844.
Gorgazzo, 386, 390, 391.
Gorgo, 418.
Gorino, 432.
Gorizia, 795.
Goro, 431, 432, 433, 461.
Gotha, 839.
Gotscia, 305, 450, 451.
Gottardo (S.), 284, 304, 323, 325, 329, 379, 399, 531, 544, 742, 743.
Goueil de Joueou, 394.
Grado, 385, 644.
Graham, 238, 264, 379, 610, 879.
Grajas (Alpes), 324.
Graje, 441.
Grajus (mons), 324.
Granajuolo, 532.
Granata, 797.
Grand Rhône, 433.
Gran Brettagna, 241, 242, 245, 258, 283, 603, 846.
Gran Cañon del Colorado, 415, 416.
Grand Cayman, 628.
Gran Ciacco, v. Chaco.
Grande Oceano v. Pacifico.
Grande del Nord (rio), 401, 415.
Grande do Sul (rio), 849.
Grande (passo), 436.
Gran Deserto Salato, 303.
Gran Geyser, 493, 494.
Grands-Mulets, 747.
Granier, 413.
Gran Lago Salato, 303, 727, 846.
Gran Sargasso, 691, 692, 699, 700, 703.
Grant, 374.
Granville, 279, 525.
Gratz, 771.
Great-Raft, 420.
Great Swatch, 628.
Greci, 427, 713.
Grecia, 251, 386, 500, 516, 526, 764, 800, 834.
Greco (Arcipelago), 250, 251, 260, 264, 488, 625, 684, 687, 798, 810.
Green Creek, 400.
Green River, 416, 556.
Greenwich, 11, 158, 180, 205, 208, 209, 210, 239, 306, 622, 658, 782, 856, 867.
Greiner, 405.
Greiner-Schwall, 405.
Grenelle, 388, 390, 741, 742.
Grenoble, 747, 819.
Grigioni, 304, 320, 321, 326, 389, 421.
Grimsel, 329.
Grinnel, 611.
Griz, 259.
Groenlandia, 142, 225, 238, 249, 252, 260. 324, 335, 362, 363, 364, 365, 366, 368, 369, 370, 371, 372, 374, 376, 526, 556, 571, 577, 604, 609, 611, 622, 633, 635, 643, 658, 683, 684, 685, 686, 688, 691, 693, 703, 738, 760, 768, 774, 775, 794, 802, 880.
Grossetane (paludi), 462.
Grötnes, 524.
Grotta-ferrata, 818, 850.
Gru, 41.
Grüner See, 341.
Guadalquivir, 296, 395.
Guadalupa, 479, 517, 723, 790,
Guadiana, 394, 427.
Guadiana Alto, 394, 395.
Guanaxato, 390.
Guaporé, 301.
Guarasos, 301.
Guardistallo, 527.
Guascogna, 278, 312, 320, 525, 817, 818.
Guatemala, 312, 517, 530, 844.
Guernesey, 525, 683.
Guggerat, 243, 297.
Guglielmo, 611.
Guiana, 174, 300, 301, 304, 310, 401, 726.
Guiena, 396.
Guinea, 142, 209, 252, 283, 309, 396, 490, 797, 800, 809, 817, 877.
Gulf-Stream, 362, 375, 378, 667. 672, 682, 684, 686, 687, 689, 693, 694, 708, 709, 880, 881.
Gunung, 277.
Gunung-Palu, 489.
Gurge, 440, 760.
Gurglenthal, 359.
Gurvo, 723.

H

Hague, 679.
Haivan, 256, 272, 297.
Haiti, 690, 699, 844.
Hallaglun, 259.
Halley (com. dell'), 131, 132, 133, 134, 137, 149.
Hallig-Land, 259.
Halsnö, 749.
Hampshire, 751.
Hamum, 303, 421.
Hancada, 493.
Hanchiang, 438.
Han-hai, 306.
Hanle, 304, 767.
Hansag, 458.
Hapui, 526.
Harboöre Tange, 260.
Harburg, 184.
Hardanger, 407.
Hardangerfield, 303, 397.
Hardangerfiord, 315.
Harlem (mar), 605.
Harton, 181.
Harz, 316, 394, 751.
Hasaritag, 752.
Hatteras, 619.
Haukadal, 493, 494.
Hautes Alpes, 396, 423.
Havai, 272, 314, 450, 489.
Haven, 751.
Havre, 278, 279, 631.
Head of the passes, 436.
Héas, 319.
Hebron, 871.
Hecla 475, 493.
Heilbronn, 83.
Helgoland, 259. 628, 630.
Helsingör, 647, 711.
Herault, 432.
Hermannstad, 802.
Hermon, 331.
Hervey, 272.
Herzogenrath, 511.
Héve, 631.
Hexenbrunnen, 386.
Hiera, 464.
Hierro, 205.
Higinus, 228, 229, 789.
Hilda, 95, 113, 114.
Hilgard, (abisso dell'), 62.
Hilmend, 303.
Himminbjerg, 314.
Hindostan, 516.
Hiperboreum, 603,
Hoang-hai, 425, 606.
Hoango, 292, 296, 305, 399, 401, 425, 429, 432.
Hobarstown, 875.
Hoch-Sennaar, 313.
Hodna, 388.
Hohepeissenberg, 841.
Hohe Rittl, 341.
Holstein, 279, 460.
Holt, 820.
Honcong, 173, 750, 751, 775.

Digitized by Google

Honda, 300.
Honduras, 394, 628.
Honolulu, 5, 13, 624.
Hoocker, 324.
Horn, 248, 252, 364, 365, 604, 608, 609, 673, 689, 708.
Horn-Sonad, 370.
Hornsund, 875.
Horqueta, 324,
Hotham, 264.
Hougli od Hughli, 434, 790.
Herschel, 124.
Hudson, 298, 299, 373, 420, 605, 606, 609, 610, 611, 623, 693, 738, 863.
Humbolt, 243, 260, 311, 370, 689, 872, 880.
Humorum, 226.
Hungce-hu, 425.
Hungersee, 394.
Huntsville, 311.

I

Iadi, 2, 4, 21, 41, 44.
Iang-namšo, 305, 450.
Iberica, 244, 250, 251, 260, 296 458.
Ibi Gamin, 304.
Ida, 324.
Idra, 5, 35, 142, 441, 442, 453.
Igea, 88.
Ill, 801.
Illampu, 284, 304, 324.
Illinissa, 321.
Illinois, 300.
Ilmend, 421.
Ilsci o Iltschi, 306.
Imabari, 790
Imalaia, 251, 273, 282, 287, 303, 305, 315, 316, 319, 324, 325, 327, 329, 330, 335, 386, 398, 456, 574, 703, 743, 744, 751, 753, 796, 798, 807, 835, 845, 849, 875, 883, 884,
Imbrium, 226.
Indépendance, 846.
India, 180, 251, 313, 316, 500, 571, 574, 714, 798, 840, 847, 889.
India anteriore, 243, 604.
Indiano (oceano,) 160, 261, 265, 293, 300, 387, 434, 527, 530, 587, 603, 604, 605, 606, 607, 609, 613, 614, 618, 621, 622, 623, 628, 639, 642, 643, 657, 660, 662, 664, 667, 677, 679, 684, 685, 687, 689, 701, 702, 708, 710, 774, 775, 798, 856, 875. 875, 876,
India posteriore, 243, 251, 296, 307.
Indicum, 603.
Indie, 8, 252, 845.
Indie inglesi, 154.
Indie occidentali, 250, 270, 272, 619, 690, 699, 702, 706.
Indie orientali, 260.
Indigirca, 438.
Indo, 251, 292, 293, 305, 306, 313, 399, 400, 401, 418, 430, 438, 457, 516, 896.
Indocina, 865.
Indo-cush, 287, 294, 305, 319, 329.
Indre-et-Loire, 152.
Indostan, 490, 516, 791, 798.
Inghilterra, 111, 112, 126, 158 239, 256, 330, 561, 570 575, 603, 613, 619, 682, 782, 819, 830, 834, 877, 878.
Inishmore, 636.
Inn, 329, 359, 395, 396, 440, 441, 796.
In-sciam, 306.
Io, 119.
Iowa, 791.
Iperione, 88, 124.
Iquique, 624.
Irac-Arabi, 297.
Iran, 316.
Irawaddi, 293, 296, 305, 430, 798.
Ircania, 603.
Ircutsc, 873.
Irene, (S.), 264.
Iride, 88.
Irlanda, 180, 256, 296, 516, 570, 584, 587, 606, 613, 615, 620, 628, 630, 633, 636, 679, 708, 782, 880,
Irtish, 293, 306, 399.
Isar, 411, 441.
Ischim, 293.
Ischl, 453, 753.
Iscozia, v. Scozia.
Iseo, 355, 404, 441, 442, 451.
Iséran (passo), 797.
Isère, 423, 797.
Isernia, 515.
Islanda, 238, 256, 263, 265, 335, 389, 459, 489, 490, 492, 493, 494, 496, 500, 502, 603, 604, 609, 611, 612, 618, 622, 651, 658, 683, 686, 693, 699, 768, 771, 774, 862.
Ismene, 95, 113.
Isonzo, 291.
Ispagna, v. Spagna.
Issel, 525.
Istria 113, 244, 263,, 389, 465, 480, 483, 487, 488, 500, 510, 513, 514, 515, 526, 633.
Isvezia, v. Svezia.
Isvizzera, v. Svizzera.
Italia, 2, 6, 88, 115, 125, 132, 172, 154, 158. 159, 160, 203, 205, 244, 250, 251, 258, 260, 282, 283, 286, 290, 296, 300, 304, 310, 312, 316, 317, 320, 331, 333, 355, 358, 386, 387, 388, 397, 400, 407, 409, 418, 427, 440, 450, 456, 458, 459, 463, 464, 487, 491, 500, 504, 514, 516, 518, 519, 520, 556, 574, 582, 585, 587, 590, 612, 613, 624, 625, 637, 709, 724, 726, 727, 749, 762, 763, 770, 774, 789, 794, 800, 824, 834, 840, 841, 848, 871, 872, 877, 878, 883, 901, 903.
Ivrea, 319, 355, 849.
Izalco, 468, 473, 492.

J

Jackson, 820.
Jacutsc, 736, 738, 757, 884.
Jaffa, 527.
Jakobshavn o Jacobsaven, 343, 371, 372, 473, 760.
Jalmal, 243, 297.
Jana, 420, 438.
Jangcechiang, 296, 305, 399, 401, 408, 309, 420, 426, 429, 438.
Jan Majen, o Jean Mayen, 306, 362, 489, 587, 611, 623, 691, 693, 699, 702, 703.
Jarcand, 306.
Jeffrey, 622.
Jenicale, 605.
Jenissei, 294, 306, 401, 402, 420, 611, 845.
Jenne, 532.
Jer, 396.
Jerocarne, 512.
Jersey, 525, 630.
Joanna Boguslava, 265, 483.
Jocohama, 173, 517.
Jof del Montasio, 320.
Jomudi, 309.
Jonio, 259, 624, 626, 642, 645, 709, 801.
Joppe, 411.
Jork, 841.
Jorullo, 467, 473, 489.
Josemite, 407,
Josemite Fall, 407.
Josephstadt, 135.
Joyeuse, 839,
Jstad, 524,
Juan (S.), 842.
Juan Fernandez, 482, 517, 621.
Jucatan, 244, 605, 628.
Juf, 304
Jugova, 586.
Jümönn, 306.
Jungfrau, 326, 327, 328.
Junling, 316.
Junnan, 307.
Juntas, 302.
Jura, 319, 329, 386, 398, 459.
Jutland, 244, 259, 260, 296, 524, 773.

K

Kaba, 155.
Kangerdlurssuack, 370, 371.
Kansas, 790, 791, 819.
Kantokeino, 863.
Karapiti, 492.
Kattegat, 260, 711.
Kauper, 407.
Kava, 335.
Keeling, 261.
Kellerwand, 328.
Kemp, 238.
Kempten, 841.
Kennedy, 335, 363, 364, 365, 367, 370, 374, 375, 378, 609, 611.
Kentisch Town, 742.
Kentucky, 300, 388, 393.
Keplero, 227.
Kertsh, 605, 339, 713.
Kesch, 326.
Kew, 282.
Key-West, 387.
Khassia, 841, 842.
Kir, 457.
Klagenfurt, 753, 762.
Klausthal, 839.
Kloenthal, 391.
Kliutschew, 324.
Knivskjoerodde, 636.
Königsberg, 180, 208, 314, 825.
Königsee, 441.
Krafontein, 846.
Kreuzberg, 314, 329.
Krimmlerfall, 407.
Krusenstern, 604.
Kucu-noor, 314.
Kufstein, 796.
Kunir, 487.
Kunkel, 326.
Kun-lun, 324.

L

Laach, 487.
Labrador, 224, 299, 633, 658, 683, 738, 773, 863, 880.
Laccadive, 256, 261, 272, 706.
Lacco, 516.
Ladac, 306.
Lado, 771.
Ladoga, 295, 443, 450, 451.
La Dròme, 423,
Ladroni, 172, 621.

Digitized by Google

Lady Franklin, 611, 869, 884.
Lagonegro, 506, 520.
Lagos, 822.
Lagosta, 627.
Lake Bonneville, 444.
Lambro, 388.
Lampedusa, 626.
Lancaster, 609.
Langensee, v. lago Maggiore.
Langthal, 440.
Langthaler-See, 359.
Lan-ho, 438.
La Perouse, 605.
Lapponia, 225, 244, 526, 612, 710.
Lario, 355.
Latisana, 418.
Lauffen, 405.
Laurent (S.) 392.
Lauterbrunnen, 407.
Lazio, 525.
Lecce, 208.
Lecco, 452, 453, 701.
Lech, 411.
Leffe, 582.
Legnago, 423, 425,
Leh, 306, 767.
Leibnitz, 227.
Leida, 49.
Leith, 755.
Lemano, 454, 801.
Leme, 633.
Lemuria, 261, 622.
Lemus, 715.
Lena, 399, 401, 420, 438, 611, 738, 774.
Leona (Sierra) 774.
Leone, 4, 5, 41, 156, 158, 325, 802, 810.
Leone Maggiore, 139.
Leonidi, 158, 159, 160, 161, 162.
Lepatea, 513.
Leschaux, 336.
Lesina, 440, 462, 757, 758.
Lessini, 316.
Leuwin, 610.
Levante, 250, 293, 624, 627, 798.
Levo, 839.
Levrieri, 24.
Lewis, 777.
Lexell (com. del), 136, 145.
Lhasa, 305.
Libano, 331, 334, 595.
Liberia, 609.
Libia, 202, 252, 603, 709.
Liechtenstein, 415.
Ligure, 802, 820.
Liguria, 632, 878.
Lilienthal, 88.
Lilla, 786, 789.
Lillers, 388.
Lima, 304, 715.
Limfiord, 260, 629.
Limmerik, 405.
Limoges, 135.
Limpopo, 297, 427, 438.
Linguadoca, 388, 802.
Linguetta, 627.
Linneo, 228.
Linosa, 483.
Linth, 801.
Linz, 405.
Lione, 174, 401.
Lipari, 229, 263, 514, 626, 643, 788.
Lira, 4, 5, 6, 21, 35, 38, 41, 200.
Lisbona, 205, 206, 516, 518, 613, 715, 755, 757, 794, 842, 848.
Lissa, 625, 627.
Livenza, 384, 385, 386, 390, 391.
Livorno, 624, 630, 822, 824, 827, 828.
Lituani, 314.
Litz, 413.
Litznerthal, 413.
Lizzard, 636.
Llanguine, 335.
Llano, 301, 303.
Loango, 830.
Lob-Nor, 306.
Loch Ewe, 440.
Locorotondo, 840.
Loeftgrund, 524.
Loira, 409, 418, 422.
Loitamisura, 743.
Lombardia, 348, 513, 578, 796, 851.
Lombardo, 542, 878.
Lomboc, 324, 250, 261.
Lomia, 113.
Lomnitz, 325.
Lomond, 455.
Londra, 124, 152, 174, 180, 225, 239, 254, 282, 304, 332, 575, 591, 604, 605, 657, 742, 778, 822, 829, 856, 863, 873, 874.
Long Island, 715.
Lopez, 800.
Lorena, 278.
Lorenzo (S.), 240, 300, 399, 400, 408, 409, 420, 607, 608, 617, 628, 871.
Loreto, 396.
Lorient, 279.
Los Angeles, 299.
Louèche, 392.
Louhg Neagk, 440.
Louis (S.), 300, 303.
Louisville, 300.
Lubiana, 394.
Lucaie, 251, 270.
Lucar S., 172.
Lucerna, 391, 451.
Lucia, S. 789.
Lucifero, 104.
Lucomagno, 326, 328.
Lucrino, 440, 529.
Lugano, 441, 442, 796, 802.
Lugo, 151, 152.
Luisiana, 842.
Lusiade, 272.
Lussemburg, 742.
Luzon, 265.
Lysefiord, 633.

M

Macalube, 492.
Macao, 845.
Macassar, 261.
Maccarese, 462.
Machan, 172.
Mackenzie, 299, 399, 400, 401, 611, 845.
Macugnaga, 354, 355, 356.
Madagascar, 241, 242, 252, 256, 261, 272, 450, 490, 621, 622, 687, 884.
Maddalena, 300.
Madera, 262, 301, 395, 516, 661, 757, 800, 834, 849.
Madison, 496.
Madras, 136, 614, 714, 845, 856.
Madrid, 284, 304, 757, 758, 822, 842, 851.
Magdalena, 284.
Magdeburgo, 542.
Magellaniche (nubi), 260, 360, 377.
Magellaniche (terre), 582.
Magellanicus, 241.
Magellano, 172, 252, 335, 605, 673.
Magerö, 335, 636.
Maggiore (lago), 355, 404, 439, 441, 442, 450, 451, 452, 453, 516, 796.
Magherb, 202.
Magonza, 576.
Mahalabushlevar, 842, 845.
Maine, 456, 633, 634.
Maipures, 300, 406.
Maistra, 431, 433.
Maja, 14.
Majola, 532.
Majos, 301.
Makoushkin, 479.
Mala, 415.
Malabar, 330, 526, 798, 895.
Malacca, 248, 250, 251, 293, 296, 526, 605, 609, 610, 687.
Maladetta, 328.
Malaga; 800.
Malahoyn, 458.
Malaunay, 789.
Maldive, 261, 256, 272, 614, 622, 643, 706.
Malea, 896.
Male-mort, 387.
Malese (arcipelago) 778.
Malkerstoon, 856.
Malmöe, 524.
Maló (S.), 679.
Maloja, 328, 528.
Malha, 261, 272, 624, 624, 626, 651, 848.
Mammouth's Cave, 393, 499.
Manchester, 181, 740.
Manciuria, 845.
Manciuro, 306.
Mandal, 874.
Manfredonia, 440.
Mangalore, 845.
Mani, 489.
Manica, 259, 278, 286, 541, 606, 612, 628, 630, 632, 643, 679, 683, 830. 850,
Manilla, 777, 851.
Manitsh, 295.
Mannheim, 418.
Mansaraur, 306.
Mansel, 265.
Mantiqueira, 304.
Mantova, 422, 460, 754, 841.
Manzo (llanos de), 302.
Maracayu, 405.
Maragnon, v. Amazzoni.
Maranham, 175, 614.
Maranhao, 843.
Marano, 284.
Maray, 401.
Marborè, 320.
Marburg, 315.
Marceana, 413.
Marchesi, 272, 489.
Marco (slavini di), 412.
Maria (S.) in Punta, 433.
Maria (S.) 489, 518.
Marianne, 172, 207, 263, 272, 489, 614, 621, 628.
Marino, 818, 850.
Mario (monte) 205, 206, 314.
Maritimæ (Alpes), 324.
Maritza, 296.
Marius, 228.
Mark, 183.
Markree Castle, 88.
Marmara, 624, 625, 627. 713.
Marmitta del Diavolo, 493.
Marmolada, 323, 325, 326.
Marmore, 407.
Marocco, 202, 526, 574, 774, 797, 849.
Marshall, 272.
Marsiglia, 135, 278, 279, 387, 782, 802.
Marte, 2, 17, 49, 86, 88, 90, 92 95, 96, 97, 98, 99, 102, 103, 104,

Digitized by Google

106, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 125, 133, 179.
Martin (S.), 871.
Martinica. 517, 789.
Martino (S.), 387, 795.
Maryland-Delauäre, 244.
Mascarene, 252, 270, 272, 789.
Massa, 476.
Massalia, 113.
Massel, 611.
Massi, 740.
Masulipatam, 714.
Masuri, 396.
Matamoros, 609.
Matapan, 248.
Matsuyana, 790.
Mattaponi, 396.
Matto grosso, 301.
Maugalore, 845.
Mauna Chea, 324.
Mauna Loa, 324, 330. 489.
Maurizio, 49, 265, 270, 490.
Maurua, 269.
Mazzara, 454.
Mayo, 396.
1577 (com. del), 143.
1532 (com. del), 143.
Mecong, 296, 430.
Mecca, 150.
Mecran, 303.
Mediterraneo, 164. 240, 250, 253, 260, 277, 278, 279, 280, 295, 298, 319, 387, 435, 438, 440, 444, 481, 482, 490, 516, 526, 590, 602, 603, 606, 608, 609, 612, 613, 615, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 631, 636, 627, 638, 640, 641, 642, 644, 645, 647, 651, 660, 673, 709, 710, 712, 713, 726, 727, 764, 774, 797, 798, 802, 810, 811, 812, 817, 842, 845, 848, 874, 876, 878, 883.
Meduna, 413.
Medusa, 113, 114.
Megarena, 375, 713.
Meghna, 434.
Meklenburg, 279.
Melbourne 49, 142, 164, 206, 527.
Mele, 820.
Meleda, 625, 627.
Melfi, 512.
Melghigh o Melrir, 298.
Melville, 244, 335, 367, 379.
Memel, 279, 427.
Menam, 296, 313.
Menaresta, 388.
Mendana, 272.
Mendoza, 517, 842.
Menfi, 300, 311.
Meno, 208.
Mentone, 387.
Menzalch, 440.
Merced, 407.
Mercurio, 2, 49, 86, 90, 92, 95. 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 108, 109, 113, 119. 133, 151, 736.
Mèr de glace, 336.
Mergozzo, 452.
Merin, 413.
Meroe, 194, 897, 904.
Merope, 14.
Mertvi Cultuc, 394.
Meru, 274.
Meschio, 386.
Mesen, 738, 854.
Mesola, 431, 461.
Mesopotamia, 296, 297.
Messico, 153, 154, 250, 251, 267, 282, 293, 299, 303, 314, 324, 390; 402, 428, 435, 436, 437, 460, 467, 468, 479, 489, 499, 526, 592, 606, 609, 618, 628, 673, 682, 683, 687, 693. 703, 708, 714, 751, 767, 775, 797, 809, 842, 844, 848. 849, 851, 880, 883.
Messier, 228.
Messina, 203, 259, 514, 532, 605, 606, 624, 625, 626.
Mestdovran, 309,
Mestoria, 309.
Mestre, 437.
Metide, 88.
Mettray, 152.
Mezola, 453.
Michele (S.), 203, 582, 679.
Michigan, 299. 300, 451, 453.
Microcameni, 265.
Midi (canal du) 295.
Midi (pic du), 722, 753.
Miguel (S.), 393.
Milano, 5, 81, 156, 195, 208, 291, 348, 408, 521, 690, 753, 761, 762, 767, 769, 771, 778, 781, 791, 792, 796, 801, 827, 828, 829, 835, 836, 837, 838, 839.
Mileto, 896.
1850 (com. I del), 133.
1858 (com. del), v. Donati.
1880 (com. del), 132, 139, 141, 142, 143.
1882 (com. del), 142, 143, 144, 147.
1881 (com. del), v. Schaeberle.
1881 (com. *b* del), 141, 142, 143.
1844 com. del), v. De Vico.
1846 (com. I del), 133.
1847 (com. I del), 133.
1843 (com. del), 130, 138, 139, 143, 147.
1815 (com. III del), 130.
1860 (com. III del), 133.
1862 (com. III del), 161, 162.
1862 (com. del), 133, 141.
1867 (com. del), v. Tempel.
1869 (com. del), v. Tempel e Swift.
1863 (com. del), v. Tempel.
1874 (com. III del), 141.
1807 (com. del), 142.
1861 (com. del), 130, 140.
1811 (com. del), 138.
1412 (com. del), 143.
1618 (com. del), 130, 143.
1680 (com. del), 132, 137.
1664 (com. del), 130, 131.
1668 (com. del), 139.
1702 (com. del), 139.
1708 (com. II del), 130.
1744 (com. del), 137, 143.
Miller (fondo di), 621.
Miltsin, 275.
Mimante, 88, 124.
Minas Geraes, 739.
Mincio, 404, 411.
Minden, 388.
Mindoro, 604, 628, 645.
Minicoi, 614.
Minnesota, 300, 456.
Minorca, 629.
Miösen, 451.
Mira Ceti, 19.
Mira, 5.
Mireboix, 388.
Miseno (capo), 465.
Mississippi, 292, 293, 299, 300, 303, 310, 311, 387, 396. 397, 398, 401, 402, 422, 424, 428. 429, 431, 432, 435, 436, 437, 439, 457, 518, 543, 550, 563, 592, 682, 692, 693, 757, 842.
Missuri, 299, 300, 388, 396, 397, 400, 401, 415, 496, 692, 791, 819.
Misterbianco, 786.
Mizar, 14, 15, 21.
Modena, 489, 754, 755, 769, 770, 771, 781, 785, 791, 822, 823, 834, 830, 835, 839, 842, 848, 850.
Moeril, 359.
Mohave Desert, 299.
Moldavia, 542.
Molde-Fiord, 397.
Möll, 340.
Möllthal, 340.
Mologa, 295.
Molucche, 172, 250, 260, 450, 489, 602, 660, 845.
Mombas, 844.
Momein, 307.
Monaco, 72, 181, 183, 208, 291, 387, 755, 771, 778.
Moncalieri, 81, 732, 753, 789, 819.
Moncenisio, 181.
Moncey, 789.
Mondorf, 742.
Mondovi, 754.
Monfalcone, 291, 390.
Monginevra, 324, 328.
Mongolia, 283.
Moni, 396.
Monrovia, 609.
Monserrato, 790.
Montagnana, 425, 484.
Mont'Ardone, 491.
Montauvert, 336.
Monte (fiu. del), 457.
Montecavo, 840.
Montemurro, 515.
Monte Nuovo, 248, 465, 467, 473, 521, 529, 530.
Monterone, 505.
Montescudajo, 527, 528.
Montevideo, 872.
Montezuma, 595.
Montmartre, 575.
Montirone, 389.
Montone, 387.
Mont-Saint-Michel, 533.
Monville, 789.
Monviso. 321, 323, 402.
Morate, 451.
Morea, 248, 303, 484, 532, 612.
Morenti (spiaggia dei), 389.
Moriena, 797.
Morlacca, 627.
Morskie, 456.
Morta (baja), 294.
Morte (valle della), 299.
Morto (mar), 280, 391, 421, 450, 447, 445, 444, 451, 605.
Mosca, 759, 873, 874.
Moscardo, 414.
Mosi-ba-tunia, 406.
Mosquitos, 300.
Motta Visconti, 789.
Mozambico, 261, 272, 490, 689.
Mülhouse, 153.
Murazzi, 462.
Murcia, 822.
Murray, 292, 298, 399, 438.
Murrumbidge, 401.
Mur-ussu, 305, 319, 842.
Mursuc, 757.
Mustag, 305.
Mvutan, 303.

N

Nai 738.
Nairsa, 268.
Namaqua, 846.
Nan-scian, 305, 306.

Digitized by Google

Nanda, 282.
Nanda Devi, 304.
Nanling, 316.
Nao, 800.
Napoli, 4, 110, 208, 239, 389, 440, 514, 523, 529, 530, 612, 658, 716, 723, 824, 834, 835, 841, 848, 871.
Narbona, 782.
Narim, 249.
Naso, 519, 521.
Nassau, 777.
Natale, 272.
National Park, 400.
Natron, 297.
Nauta, 301.
Nave, 3.
Navigatori, 272.
Naviglio Grande, 408.
Nebraska, 790, 819.
Nectaris, 226.
Neerstrand, 628.
Negoi, 325.
Negri, 396.
Negro (rio), 301, 438.
Negroponte, 454.
Nemi, 453, 487.
Neocameni, 265, 470.
Nera (isola), 469, 872.
Nerita, 264, 482.
Nero (lago), 305.
Nero (mar), 194, 262, 293, 294, 295, 319, 325, 375, 396, 403, 438, 449, 459, 490, 542, 576, 609, 612, 624, 627, 647, 651, 709, 710, 713, 798, 803, 822, 830.
Nettuno, 87, 88, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 126, 127, 132, 133, 138, 736.
Neufahrwasser, 279.
Neufchatel, 319, 451, 516.
Neuffen, 740.
Neully-Saint-Front, 782.
Neusalzwerk, 388.
Neusiedler, 451, 458.
Neu-Tscherkask, 138.
Neva, 295, 419, 432, 711.
Nevada (sierra), 299, 319, 324, 327, 335, 595, 742.
Nevada di Santa Marta, 316, 319.
Nevado de Sorata, 282.
Newcastle, 513, 740.
New-Haven, 135, 150, 714, 764.
New Madrid, 439.
NewOrleans, 435.
New York, 62, 112, 173, 795, 809.
Nez, 259.
N-gahapu, 496,
N'gir, 396.
Niagara, 405, 406, 407, 408.
Nicaragua, 240, 265, 312, 449.
Nicobar, 270, 272.
Nicolosi, 472, 473, 480.
Niemen, 711, 877.
Niger, 401, 402, 430.
Nilghiri, 307, 751.
Niliia, 309.
Nilo, 274, 292, 297, 398, 400, 401, 402, 405, 408, 409, 419, 420, 423, 427, 430, 432, 437, 438, 440, 457, 458, 543, 563, 568, 627, 709, 771. 798, 883, 891.
Nim, 396.
Nippon, 241, 242, 517, 618, 624.
Nirano, 491.
Nisida, 483.
Nisni-Novgorod, 854.
Nisyras, 490.
Nizza, 174, 387, 626.
Nocera, 506, 507, 520.
Nodaway, 820.
Noli, 820.
Noncello, 384.
Norcia, 512.
Nord (capo), 248, 612, 636, 869.
Nord (isola), 594.
Nord (mare), 259, 260, 278, 279, 293, 295, 319, 427, 440, 602, 605, 606, 607, 608, 617, 628, 641, 646, 647, 707, 709, 710, 711, 789, 830.
Nord (passo del), 437.
Nordest (passi del), 436.
Nordovest (passaggio), 260, 293, 299, 375, 431, 609, 611, 651.
Norfolk, 262.
Normandia, 386, 533, 632, 636, 679.
Normanna, 244.
Normanno-Bretone, 525.
Northern, 244.
Norton Sund, 738.
Norvegia, 275, 303, 315, 332, 335, 407, 442, 443, 453, 455, 523, 524, 603, 604, 609, 611, 612, 619, 622, 633, 634, 635, 663, 664, 725, 727, 749, 760, 781, 841, 849, 850, 862, 874, 880, 881.
Norwegische Rinne, 627.
Noto, 488.
Novaja Semlja, 238, 611, 645, 664, 881.
Novorossinsc, 803.
Nubi del Capo, 7.
Nubi Magellaniche, 7, 203.
Nubium, 226.
Nucuss, 823, 846, 757.
Nuehr, 396.
Nun, 396.
N.a Brettagna, 262, 489.
N.a Brunswick, 526.
N.a Caledonia, 262, 269, 272, 766, 844, 845.
N.a Galles, 140.
N.a Granata, 513, 517, 722.
N.a Guinea, 238, 241, 242, 260, 262, 324, 604, 609, 843, 845.
N.a Irlanda, 262.
N.a Madrid, 518.
N.a Norfolk.
N.a Olanda, 527.
N.a Scozia, 244, 252, 526, 619, 679, 848.
N.a Shetland, 489.
N.a Siberia, 238, 610.
N.a Zelanda, 142, 238, 239, 252, 256, 260, 262, 265, 364, 377, 489, 490, 492, 496, 497, 500, 527, 542, 582, 590, 594, 612, 620, 622, 623, 633, 645, 746, 774, 802, 841, 846.
N.a Zembla, v. Novaja Semlja.
N.a York, 715, 726, 871.
N.e Ebridi, 262, 272.
Nuovo Messico, 303, 834, 846.
Nuovo (m.), v. Monte Nuovo.

O

Oberbleg, 439.
Oberdrauburg, 328, 1839.
Oberland, 440.
Oberon, 125.
Obersulzhach, 760.
Obi, 250, 293, 312, 401, 420, 610, 611.
Obidos, 301.
Obir, 753, 791.
Oceani (passo dei due), 197.
Oceania, 238, 527, 556.
Ocotsc, 240, 608, 628, 659, 773, 845, 872.
Ocra, 324.
Oder, 71, 424.
Oeningen, 576.
Oeno, 271.
Oerefa Jocul, 489.
Oetz, 328, 340, 359.
Oetzthal, 326, 327, 340, 389, 760.
Oetzthaler (grosser) Gletscher, 359.
Ofen, 329.
Ofiuco, 5, 7, 22, 38, 41, 44.
Oglio, 404, 416.
Ognissanti, 516.
Ogué, 297.
Ogunia, 786.
Ohio, 300, 420, 518, 692.
Oisans, 227.
Ojos de Guadiana, 394.
Olanda, 205, 244, 312, 458, 524, 637, 834, 846.
Old Faithful, 496.
Olginate, 453.
Oliero, 386, 390.
Olimpo, 274, 324.
Onde, 396.
Onega, 295, 443, 450.
O-ni-av-ga-rah, 405.
Ontario, 299, 405, 408.
Oporto, 516.
Oppido, 514.
Oracheicoraco, 495.
Oran, 302.
Orange, 303, 399, 438, 618.
Orbetello, 462.
Orc, 797.
Orcadi, 238, 377, 379, 725, 777.
Orenoco, 292, 300, 309, 310, 401, 404, 411, 420, 430, 438.
Organi di Rio Janeiro, 322.
Orgeuil, 151, 153, 154, 155.
Orientale (mare), v. Tung-hai.
Orione, 2, 4, 5, 6, 7, 16, 22, 35, 41, 44, 692, 843.
Oristano, 296.
Orizaba, 324.
Orleans, 789.
Ormus, 605.
Ornavasso, 839.
Orne, 153.
Oroya, 304.
Orsa magg., 2, 4, 5, 14, 18, 21, 34, 35, 41, 141.
Orsa min, 4, 5, 200, 203.
Orsi, 577, 623, 650, 651.
Orsova, 419.
Ortler, 328.
Osboi, 426.
Osorno, 517.
Ospedaletto, 403, 491.
Osser Siön, 602.
Ostenda, 278, 279.
Ostia, 432, 462, 786.
Ostigliesi, 460.
Otranto, 605, 606, 624, 625, 627.
Ottaiano, 484.
Ottmann Bess, 491.
Otumacheche, 492.
Ouro Preto, 849.
Owen Stanley, 324.
Oxo, 309.
Oxus, 426.

P

Pacific Creek, 397.
Pacifico o Gr. Oceano, 112, 209, 238, 239, 240, 241, 278, 299, 304, 319, 329, 330, 364, 365, 369, 374, 397, 399, 400, 488, 489, 490, 527, 530, 582, 590, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 614, 620, 621, 624, 628, 639, 643, 646, 649, 650, 657, 660, 661, 662, 663, 667, 673,

Digitized by Google

677, 679, 684, 687, 688, 689, 691, 701, 702, 703, 706, 773, 774, 775, 809, 811, 816, 843, 844, 856.
Padano, 578.
Paderborn, 388.
Padova, 5, 12, 87, 135, 152, 165, 183, 184, 185, 208, 282, 304, 422, 754, 762, 786, 791, 838, 839, 841, 850, 855.
Paesana, 403.
Paesi Bassi, 556.
Paglia, 397.
Pajara, 311.
Pajarello, 491,
Palazzolo, 416, 789.
Paleocameni, 265.
Palermo, 6, 12, 88, 112, 208, 525, 626, 721, 714, 800, 822, 824, 825, 827, 828, 834, 835, 848, 871.
Palestina, 297, 411.
Palk, 261.
Pallade, 88, 95, 112, 113.
Pallanza, 839.
Palle di S. Martino, 325.
Palma, 482.
Palmerston, 272.
Palmira, 272.
Palos, 271.
Palti, 305.
Pamir, 294, 303, 305, 306, 317, 450.
Panama, 250, 251, 278, 287, 608, 614, 843, 844, 884.
Panaria, 229.
Panopoli, 2.
Pantelleria, 263, 264, 386, 482, 483, 500, 626.
Panzano, 385.
Paola di Calabria, 612.
Paolo (S.), 265, 300.
Papadajang, 481.
Papuasia, 527.
Pará, 396, 655, 673, 689, 703.
Paracelle, 272.
Paraguay, 301, 302, 457, 458.
Paraisa, 458.
Paralba, v. Peralba.
Parana, 405, 457, 458, 849.
Paranapitinga, 396.
Paraiyd, 542.
Parco nazionale, 492, 496, 499, 501,
Parigi, 6, 13, 120, 152, 175, 184, 206, 209, 225, 282, 304, 388, 408, 489, 574, 591, 721, 724, 728, 737, 739, 749, 756, 757, 758, 761, 762, 771, 782, 785, 789, 822, 825, 829, 841, 847, 855, 861, 873, 878.
Parime (sierra), 401.
Parma, 842.
Paropamiso, 329.
Parry, 773.
Partenopee, 260.
Pas-de-Calais, 789.
Pasqua, 621.
Passaggio Nord-Ovest, v. Nord-Ovest (passaggio).
Pass à l'Outre, 436.
Passavia, 403, 408.
Passy, 388.
Pasterzen Kees, 340.
Pasterze, 340, 350, 351, 353, 356, 359, 766.
Patagonia, 260, 293, 302, 304, 311, 379, 381, 460, 489, 500, 527, 689, 775, 797, 834, 846.
Paternò, 492.
Paul (S.), 619.
Paulo, 405.
Paumotù, 268, 270, 271, 706, 774.
Pavia, 753, 828.
Pavone, 41.
Pechino, 306, 759.
Pecili, 426.
Pegaso, 4, 5.
Pei-ho, 729, 432.
Peipus, 451.
Pejo, 422, 839.
Pelagosa, 627.
Pelew, 271.
Peling, 316.
Pelio, 275.
Peloponneso, 47,
Peloro, 259.
Penna (m.), 839.
Peralba, 389.
Perdu (mont.), 320.
Pericoloso (arcipelago), 706.
Perm, 565.
Perpignano, 278, 782.
Perseidi, 158, 159, 161, 162.
Perseo, 6, 7, 20, 41, 44, 156, 159.
Persia, 313, 447, 521, 574, 603, 604, 875, 876, 877, 883.
Persiano, 628.
Persico, 240, 249, 250, 297, 576, 603, 606, 608, 642.
Perte du Rhône, 394.
Perù, 300, 301, 489, 500, 504, 513, 517, 526, 530, 624, 715, 750, 846, 880, 890.
Pesaro, 787, 840.
Pescara, 625.
Pescarenico, 453.
Pesce Australe, 4, 5, 41.
Pesci, 4, 5, 43, 200.
Pescia, 842.
Petermann's Spitz, 324.
Petit Rhône, 433, 434.
Petro Alexandrovsch, 823.
Pezzo, 259.
Pfäffers, 388.
Pfeffer 318.
Pianetini, 96, 112.
Pianosa, 627.
Piave, 320, 325, 329, 389, 402, 433, 797.
Picariello, 786.
Picco, 275, 480.
Pichincha, 489.
Pico, 619.
Piemonte, 285, 386, 459, 542, 578, 789, 801, 897.
Pietrapana, 360.
Pietroburgo, 183, 419 ,770, 778, 823, 869, 873, 878.
Pikes Peak o Pike of Peak, 304, 767, 751.
Pilcomayo, 202.
Pillau, 279.
Pinzgau, 407.
Piombino, 461, 462.
Piramidi d'Egitto, 229.
Pirenei, 112, 275, 283, 284, 293, 295, 316, 317, 319, 320, 323, 327, 328, 329, 330, 335, 392, 407, 456, 516, 753, 760, 802, 803.
Pirna, 398.
Pisa, 187.
Pisciarelli, 389.
Pisciatello, 395.
Pitcairn, 271, 272.
Pitiuse, 625.
Piuca, 394.
Piz d'Err, 328.
Planina, 394.
Plata, 249, 292, 300, 301, 307, 396, 398, 401, 408, 609, 661, 647, 794.
Plata (rio della) 227, 429,
Plateau Central, 316.
Platten, 440.
Plaunich, 627.
Plaustro v. Orsa.
Plecken, 389.
Pleiadi, 4, 6, 24, 35, 44.
Pleione, 14.
Plessidi, 275.
Pliniana, 388.
Plombières, 390.
Plutarco, 252.
Plutone, 499.
Plymouth, 172.
Po, 5, 152, 258, 296, 300, 301, 323, 398, 399, 401, 402, 403, 409, 418, 421, 422, 423, 424, 425, 429, 431, 432, 434, 543, 578, 692, 709, 728, 742, 753, 754, 820, 829, 848, 878, 883.
Pocasca, 249.
Po d'Ariano, 284.
Po della Donzella, 431.
Po della Gnocca, 431.
Po della Maistra, 421, 433.
Po delle Fornaci, 431.
Po di Canerino, 431.
Po di Ferrara, 433.
Po di Goro, 422, 431.
Po di Levante, 431, 433.
Po di Primaro, 431.
Po di Sirocco, 431.
Po di Tolle, 431.
Po di Tramontana, 431.
Po di Venezia, 433.
Po di Volano, 422, 433.
Poeninas (Alpes), 324.
Po Grande, 433.
Poik, 394.
Pointe de Galle, 869.
Pola, 112.
Polachi, 310.
Polare, 4, 23, 34, 39, 140, 207, 239. 244.
Polari Antartiche (terre), 238,
Polari Artiche (terre). 238, 243, 335.
Polcenigo, 386, 390.
Polesine, 460.
Polinesia, 238, 143, 244, 438, 620, 706.
Polinnia, 113.
Polistena, 514, 515.
Polla, 520.
Polla di Cadimare, 387.
Polluce, 17, 34.
Polonia, 710.
Pomerania, 460.
Pondichery.
Ponente, 637.
Pongo de Manseriche, 301, 405.
Pontebba, 414, 795, 849.
Ponte di Brenta, 786.
Pontelagossuro, 424.
Pontine, 260, 462, 525.
Ponto, 576.
Ponzie, 483.
Popocatepetl, 282, 324, 468, 479, 489.
Popova, 295.
Pordenone, 415, 839.
Port Darwin, 875.
Porte di Ferro, 403.
Portiere (passo), 786.
Porto, 842.
Porto di Primaro, 431.
Portogallo, 180, 202, 278, 516, 525, 609, 612, 785.
Porto Said, 173, 851.
Porto Viro, 431, 433.
Port Royal, 505.
Portsmouth, 527.
Port Valais, 452.
Posidonio, 227.
Possession Bay, 379.
Postoina, 394.
Potenza, 759.

Digitized by Google

Potomac, 397, 398.
Potosi, 304.
Powel, 416.
Pozzuoli, 389, 465, 478, 479, 506, 507, 521, 523, 528, 529, 556, 723.
Pracchia, 456.
Praga, 81, 755, 836.
Prairies, 300.
Pratomagno, 329.
Prealpi, 333, 516, 582, 586, 587, 599.
Predazzo, 422, 839.
Pregel, 295, 396.
Presburgo, 403, 458.
Presepio, 4. 6.
Primaro, 433.
Principato, 514.
Pripet, 396, 458.
Prizibram, 739.
Procellarum (oc. o mare), 226.
Procida, 263, 483.
Procione, 16, 17, 23.
Provenza, 413, 423, 516, 525, 576, 802.
Prussia, 286, 396, 524.
Puglia, 296, 514.
Pulkowa, 23, 205, 206.
Pultusk, 154.
Phunglu, 325.
Puno, 304.
Punta Arenas, 335.
Punta Barrow, 611.
Puracè, 324.
Purbeck, 570.
Puy de Dôme, 281, 282, 722.

Q

Quadra, 256, 773.
Quadrato, 4.
Quarnero, 387, 526.
Quarnerolo, 627.
Quattro Cantoni, 404, 452.
Quebec o Quebeck, 420, 871.
Queenstown, 408, 782.
Queretaro, 467.
Querzola, 491.
43 a. Cr. (com. del), 143.
Quito, 304, 335, 489, 517, 767, 827, 849, 851, 869, 875.
Quorra, 297, 396, 400, 430.

R

Raab, 451.
Raccolana, 319.
Racu, 306.
Radicena, 514.
Radstock, 742.
Ragaz, 415.
Ragusa, 387.
Raibl, 839.
Rama, 261.
Ras Addar, 626.
Ras Dascian, 324.
Rasse, 621.
Ratard, 484.
Ratibor, 291.
Ratisbona, 403.
Rauhe, 751.
Ravenna, 431, 461.
Re (piano del), 402.
Rea, 88.
Reca, 265, 385, 374.
Red River, 435.
Reggiano, 491.
Reggio, 514, 626.
Reggio di Calabria, 840.
Regolo, 4, 5, 6, 17, 34.
Remo (S.), 387, 874.
Reno, 295, 296, 329, 391, 396, 398, 404, 405, 409, 411, 415, 418, 437, 576, 801.
Reno di Bologna, 424.
Reno (valle), 796.
Reschen, 326, 328.
Reuss, 329, 404, 452, 801.
Revera, 637.
Revest, 394.
Revilla Gigedo, 774.
Reykium, 494.
Reykjanes, 482.
Reykjavic, 492.
Rharsa, 298.
Rhone Mort, 434.
Rienz, 842.
Riesen, 296.
Riesengebirge, 842.
Rifei, 274, 275.
Riga, 419, 646, 773.
Rigel, 4, 5, 16, 17.
Righi, 318, 414, 753, 827.
Rinn, 297.
Riobamba, 304, 505, 517.
Rio de Janeiro, 205, 206, 720, 794, 868.
Rioja, 842.
Riparia, 771.
Riposto, 319.
Riucanfôss, 407.
Riviera di Ponente, 525.
Rivoli, 355.
Rivoli Bianchi, 412, 414.
Robeson, 609, 611.
Rocca Monfina, 487.
Rocciose (m.), 299, 300, 310, 311, 319, 324, 397, 400, 751, 802, 819, 846.
Rocco (S.), 252, 609, 619.
Rochelle, 278, 279.
Rochitno, 458.
Rodano, 251, 284, 295, 329, 333, 355, 360, 391, 401, 404, 408, 409, 411, 421, 429, 433, 434, 576, 709, 760, 801, 802.
Rodi, 194, 207, 275, 625, 627, 896, 897, 899.
Roma, 50, 81, 140, 151, 156, 180, 184, 185, 194, 203, 205, 206, 208, 209, 239, 240, 254, 314, 316, 409, 410, 411, 429, 452, 453, 487, 525, 584, 587, 714, 756, 757, 750, 771, 777, 786, 811, 822, 823, 824, 827, 828, 835, 840, 848, 851, 855, 857, 871.
Romano, 606, 607, 608, 609, 628.
Rosa (m.), 304, 319, 322, 323, 324, 326, 327, 354, 722.
Rosa (S.ª), 301.
Rosario, 311.
Rosarno, 514.
Rosebrigge, 742.
Roschen, 327.
Roseg, 356.
Rosenthal, 359.
Rosetta, 297.
Ross (m). 610.
Rossi (m), 480.
Rosso (des.), 294.
Rosso (mare), 249, 270, 272, 274, 293, 387, 420, 444, 447, 449, 479, 490, 603, 606, 608, 628, 643, 647, 651, 659, 692, 710, 713, 714, 884.
Rotomahana, 495.
Rotondo (pig.), 284. 323.
Rotuma, 272.
Rouen, 291.
Rovereto, 839.
Rovigo, 422, 432, 460, 754.
Rowley, 272.
Rubicone, 395, 460.
Rüdersdorf, 742.
Ruidera, 394.
Rumenia, 459.
Russia, 209, 225, 296, 312, 396, 418, 448, 451, 456, 459, 561, 565, 774, 778, 794, 803, 811, 834, 846, 863, 874, 877, 878, 889, 900.
Rutor, 441, 760.

S

Saale, 411.
Sabioni, 437.
Sable d' Olonne, 279.
Sabrina, 263, 487.
Sâby, 820.
Sacchi di Carbone, 41.
Sa-ceu, 306.
Sacramento, 301.
Sadao, 296.
Saetta, 44.
Sagittario, 3, 4, 29.
Sahama, 784, 324.
Sahara, 287, 293, 298, 300, 307, 308, 309, 311, 379, 388, 456, 550, 567, 573, 583, 724, 757, 797, 799, 846, 851, 877, 878, 883.
Sahel, 307.
Saifnitz, 304.
Saint-André, 413.
Saint-Christophe-en-Oisans, 413.
Saint-Etienne, 387.
Saint-Louis, 388.
Saint-Nazaire, 279, 387.
Saintonge, 278, 386.
Saint-Ouen, 390.
Saint-Pierre (S.), 789.
Saint-Vincent (S.), 789.
Sair-ussu, 306.
Saisan-nor, 306.
Salado, 302.
Salamanca, 842.
Salato (lago), 421, 444.
Salek, 516.
Saletto, 319.
Salina, 488.
Salinelle, 492.
Salisburgo, 801.
Salomone (arcipelago), 262, 272, 489, 798.
Salpi, 440, 462.
Salso, 440.
Salt Lake, 299.
Saluen, 296.
Salvador (S.), 468, 517.
Salvator (S.), 492.
Samaden, 328.
Samarcanda, 295.
Samo, 48, 627.
Samoa, 621, 706.
Samoiedi, 297.
Samojeda, 243.
Samotrace, 625.
Sancy (pic de), 722.
Sanderban, 213, 434.
Sandwich 272, 324, 330, 387, 489, 513, 621, 623, 638, 639, 774, 777, 856.
Sandy, 252, 161.
Sangai, 457, 489.
Sanguinarie, 264.
Sannio, 513, 514, 515.
Sansibar, 844.
Santa Fe, 722.
Santandar, 278.
Santiago, 302, 335, 517, 847.

Digitized by Google

Santis, 782.
Santorino, 263, 264. 265, 469, 483, 484, 490.
Saône, 396.
Sappada, 322.
Saragozza, 842.
Saranse, 854.
Sarapa. 394.
Saratow, 294.
Sarca, 355, 404.
Sardegna, 256, 260, 269, 330, 432, 459, 613, 617, 624, 625, 626, 637, 800, 878.
Sardocorso, 624.
Sarepta, 291.
Sargassi (mar), 689, 690, 691, 703,
Sari-camis, 426.
Sarmatica (pian.), 296.
Sarnico, 355.
Sascaciavan, 399, 400.
Sassone, 576.
Sassuno, 491.
Sassuolo, 491.
Sat-el-Arabi, 396, 426, 438.
Saturno, 2, 86, 87, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 106, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 132, 133, 137, 144, 166, 535.
Saturno (satelliti di), 88.
Sauris, 322.
Sava, 394.
Savassa, 386.
Savoia, 796, 797.
Savu (mar), 660.
Saya de Malha, 622, 261, 272, 608.
Scanderborg, 314.
Scandinavia, 244, 252, 260, 295, 368, 438, 523, 524, 526, 561, 582, 590, 627, 683, 686, 760, 774, 834, 851,
Scandinavo sistema, 316.
Scania, 524.
Scarlino, 462.
Scerrapongi o Cherraponjee, 840, 842, 877.
Schaeberle (1881) (com. del), 142.
Schafberg, 753, 751.
Schergin, 738.
Schiavi, 846.
Schiavo (lago dello), 611.
Schickard, 227,
Schio, 839.
Schönwetterberg (m.), 324.
Schlabusch, 183.
Schleinitz, 642.
Schwert, 341.
Sciacca, 264, 482.
Sciaffusa, 405.
Sciamo, 757, 758, 846.
Scian-tung, 243, 297.
Sciardag, 283.
Scilla, 259, 514.
Scilluc, 396.
Scin-gan, 306.
Scio, 516.
Scira, 443.
Scizia, 603.
Scorpione, 3, 4, 6, 10, 17, 35, 41.
Scott, 272.
Scozia, 260, 286, 440, 456, 524, 582, 586, 630, 633, 679, 755, 774, 777, 823, 841, 871, 890.
Scudesnes, 872, 874.
Scultore, 4.
Scythicus, 603.
Sea-View (m.), 298.
Sebastiano (S.), 476, 485.
Seeshaupt, 841.
Seicelli, 261, 272, 622, 623.
Seilum, 426, 432.
Seine-et-Oise, 789.
Seine-inferieure, 789.
Selaiar, 266.
Selenga, 306.
Sella, (lago), 743.
Seminara, 515.
Semipalatinsc, 293.
Semlia, 238, 365.
Semmerig, 304.
Sempione, 325, 320, 328.
Senegal, 297, 313, 399, 457.
Senegambia, 298, 438.
Senese, 519.
Senna, 408, 409, 410, 411, 418. 630, 753.
Serra, 355.
Serena, 846.
Serenitatis, 226, 228.
Seriana, 582.
Serio, 407.
Serpentario, 19.
Serpente, 5.
Sestante, 142.
Sesto, 329.
Setlege, 305, 306, 400, 415.
Settanta d. Cr. (com. del), 143.
Sette Comuni, 322, 323, 386.
Sevanga, 305.
Severn, 296.
Sevo (pizzo di) 281.
Shannon, 405, 459.
Shehalien, 181, 890.
Sherman, 81.
Shetland, 238, 365, 604, 609, 622, 663, 725, 873.
Shoshoue, 496.
Siam, 21, 526, 798.
Siametica, 250.
Siberia, 225, 238, 249, 293, 306, 312, 362, 418, 438, 526, 533, 577, 582, 686, 693, 736, 738, 759, 771, 774, 778, 803, 823, 824, 834, 846, 863, 874.
Siboga, 517.
Sichiang, 296.
Sicilia, 225, 250, 258, 259, 264, 296, 387, 435, 454, 482, 491, 492, 514, 519, 525, 526, 532, 594, 612, 624, 625, 626, 659, 709, 724, 725, 726, 727, 764, 770, 785, 800, 802, 834, 845, 877, 877, 878.
Siciliano (stretto), 626.
Siculiana, 782.
Siculo, 259, 725.
Sidera, 119.
Sidney, 533, 823.
Siebengebirge, 751.
Siena, 506, 507, 520.
Siene, 194, 897, 904.
Sierra de los Orgaoes, 301, 321.
Sierra Leona, 438, 499, 843.
Sieve, 329.
Sigbee, 293.
Sigmaringen, 403.
Silesia, v. Slesia.
Silhet, 841, 845.
Silla de Caracas, 319.
Simbirsc, 291.
Simeto, 414.
Simoda, 624.
Simonsbay, 647.
Sinai, 323.
Sine more, 602.
Sinin, 306.
Siongheller, 632.
Siracusa, 386, 387, 824.
Sir-daria, 400.
Siria, 202, 388, 516, 526, 574, 763.
Sirio, 2, 5, 6, 16, 17, 23, 34, 38, 39.
Sirti, 626, 709.
Sitca, 872.
Siuah, 297.
Sivas, 305.
Skaarliodden, 523, 524.
Skagen, 259.
Skager-Rack, 608, 628, 651.
Skaptar Iocul, 489, 590.
Skerki, 626.
Skibotten, 749.
Slavini di Marco, 513.
Slavo-ellenica, 244, 250.
Slesia, 278, 388, 576, 897.
Slovachi, 314.
Smith, 311, 363, 611, 623, 609.
Snake, 397, 400, 496.
Società (arcipelago), 775, 267, 269, 272, 439, 621, 639, 650.
Socoa, 278,
Socrovi, 403.
Soda Lake, 299.
Sodankilä, 611.
Sogg-Annigok, 635.
Sognefiord, 315, 633.
Soissons, 789.
Solenhofen, 570.
Solfatara, 530.
Solfatara di Pozzuoli, 478.
Solimoes, 396.
Somali, 243, 450, 774, 845.
Sombrero, 615.
Somma, 226, 469, 483, 484.
Somniorum, 225.
Sonda, 239, 261, 265, 272, 313, 477, 489, 492, 513, 516, 526, 602, 604, 605, 610, 622, 628, 725, 774, 789, 794, 798, 799, 845.
Sonderburg, 651.
Sondoway, 845.
Song-scia, 296.
Sonoma, 499.
Sorata, 284, 304, 324.
Soratte, 324, 763.
Sorgue, 388, 394.
Soria, 303.
Sottovento, 789.
Soungpan, 477.
Southampton, 173.
Southern Ocean, 605.
South-Hettom, 742.
South Shields, 181.
Souvarof, 272.
Spagna, 172, 225, 251, 284, 296, 303, 314, 335, 427, 456, 500, 516, 525, 526, 561, 574, 587, 612, 624, 625, 626, 688, 693, 699, 728, 751, 800, 846, 383, 897.
Spartel, 625.
Sperenberg, 741, 742.
Spezia, 387.
Spica, 4, 5, 6, 199.
Spina, 421, 461.
Spira, 184.
Spitz, 413.
Spitzberg, 175, 238, 240, 283, 335, 362, 365, 374, 531, 577, 611, 622, 623, 664, 683, 684, 686, 691, 699, 703, 768, 773, 851, 875, 881.
Sprudel, 392.
Staffa, 263.
Stanovoi (m), 319.
Starfield, 88.
Stassfurt, 542.
Stati Uniti, 111, 205, 209, 225, 300, 311, 318, 386, 393, 396, 398, 414. 420, 422, 436, 456, 492, 526, 531, 545, 551, 622, 682, 683, 684, 688, 691, 693, 758, 775, 785, 789, 790, 846, 872.
Staubach, 407.
Stebnik, 542.
Streghe, 386.

Digitized by Google

Steinernes Meer, 323.
Stella, 384.
Stoccarda, 801.
Stoccolma, 205, 206, 524, 874.
Stolp, 275.
Stolpmünde, 279.
Stornoway, 777.
Storsjöen, 451.
Stralsund, 279.
Strand, 749.
Strasburgo, 291.
Strokhr, 492, 493.
Stromboli, 265, 386, 473, 474, 475, 487, 502, 522, 587, 630.
Strudel, 405.
Subiaco, 532.
Sucona, 295.
Sucro, 303.
Sud, capo), 604.
Sud (mare), 608.
Sud (passo del) 436.
Sudan, 298, 303.
Sud-est (passo), 436.
Sudovest (bacino), 619.
Sudovest (passo), 431.
Suez, 277, 440, 526, 648, 709, 713, 846.
Suffolk, 527.
Sulina, 432.
Sulu, 628, 660.
Sumatra, 229, 241, 242, 250, 256, 277, 293, 297, 477, 513, 516, 622, 687, 725, 698.
Sumbava, 250, 261, 489, 618 725.
Sund, 375.
Sund di Copenhagen, 647.
Superga, 304.
Superiore (lago), 299, 400, 450, 451, 453.
Sûr (mar), 603.
Susa, 896.
Sussquehanna, 398.
Sussuraz 526.
Svezia, 404, 453, 456, 700, 725, 727, 820, 846, 871.
Svizzera, 152, 278, 285, 318, 337, 388, 404, 407, 439, 576, 749, 753, 757.
Swinemünde, 278, 279.
Sydney, 209, 272, 608, 785, 848.
Szegedino, 419.
Szovata, 542.

T

Tabarië, 444.
Tabatinga, 301.
Tabernicch, 306.
Tabor, 484.
Tacla-macan, 306.
Tacna, 517.
Tagliamento, 319, 355, 402, 403, 412, 413, 414, 418, 433, 441, 461, 795, 797.
Tago, 296, 516, 643.
Tahiti, 269, 272, 706, 844.
Taigeto, 14.
Taillon, 320.
Taimir, 243, 248, 297.
Taléfre, 336.
Taman, 490, 491.
Tamigi, 296, 411, 427, 429, 679.
Tana, 303, 738.
Tanai, 360.
Tangagnica, 303, 449.
Tangeri, 713.
Tan-nu, 306.
Tanto, 483.
Taprobane, 897.
Tàragai, 491.
Tarantasia, 797.
Taranto, 387, 605, 626, 637.
Targabatai, 294.
Taridde, 303.
Tariffa, 713.
Tarim, 305, 306, 308, 421.
Tarn, 155.
Tarna, 411.
Taro, 456.
Tarr, 297.
Tarso, 303.
Tartaria, 306, 900.
Tartaro, 425.
Tascent, 295.
Tasmania, 236, 238, 240, 249, 251, 604, 608, 610, 633, 846.
Tatarata, 497.
Tatra, 330, 335, 456, 842,
Tatsing-hoda, 426.
Taucaxina, 790.
Tauern, 323, 325, 326, 340, 450, 842.
Taumotu, 271.
Tauride, 329.
Tauro, 329.
Tavola, (baja della), 848.
Tavolon, 413.
Tavoy, 845.
Tebe, 451.
Tebro, 411.
Tedeschi (monti), 295, 310.
Teida, 18, 275, 280, 281, 284, 386.
Telemarc, 407.
Temi, 113.
Temimi-a-homaiterangi, 495.
Tempel (1863, 1867) (com. del), 132, 160, 161.
Tempel e Swift (1869) (com. del), 132, 133.
Tempeste, 226, 252.
Teneriffa, 275. 277, 280, 281, 319, 330, 386, 480, 615, 794, 849.
Teneriffa (picco di), 230, 322.
Tennessee, 300, 305, 311, 450, 481, 486.
Teodulo, (S.), 757, 802.
Teofilo, 227.
Terceira, 263.
Terec, 431.
Termenzen, 279.
Terminillo, 281.
Ternate, 489.
Terni, 407.
Terra, 52, 53.
Terra di Lavoro, 514, 515.
Terra Nuova, 266, 514, 526, 613. 619, 620, 655, 682, 683, 684, 688. 693, 773, 830, 848, 880.
Terrapilata, 492.
Terra-Vittoria, 366, 587.
Territory, 244.
Terrore, 587, 610.
Teschen, 398.
Tesio, 281.
Testaccio, 314.
Testa dei Passi, 435.
Teti, 124.
Tetide, 88, 114.
Tetto del Mondo, 305.
Tevere, 296, 397, 409, 410, 411, 429, 432, 519, 626, 631, 763.
Texas, 526.
Thera, 264, 265.
Therasia, 264, 265.
Thia, 265.
Thoc Jalung, 304.
Thomson (depress. del), 622.
Thouille, 441,
Thule, 897, 899, 900, 904.
Thum, 451, 453,
Thurso, 871.
Tia-Huanacu, 451.
Tian-šan o Tian-scian, 287, 294, 305, 306, 314, 316, 319, 324, 335.
Tiberiade. 444.
Tibet, 287, 303, 304, 305, 306, 323, 386, 450, 462, 500, 751, 767, 875, 900.
Ticino, 329, 404, 408, 417, 789.
Ticone, 227.
Tien-hai, 307.
Tigri, 292, 297, 400, 426, 432, 457, 854.
Timavo, 384, 385, 388, 370, 401, 460.
Timau, 328.
Timboro, 489, 589, 725.
Timbuctu, 396.
Timor, 250, 610.
Tinch. 277.
Tipta-la, 328.
Tirolo, 321, 323, 359, 407, 440, 542, 587, 760, 835.
Tirreno, 239, 525, 624, 625, 626, 640, 642, 659, 801, 877.
Titania, 125.
Titano, 88, 123.
Titicaca, 301, 303, 449, 450, 451.
Titlis, 284.
Tjiringin, 478.
Toblach, 839.
Tobol, 293.
Tobolsc, 738, 842.
Tocantins, 301.
Tochio, 608.
Todi, 326.
Tödi, 327, 328,
Toeplitz, 516.
Tofana, 328.
Tolima, 324.
Tolle, 431, 433.
Tòlmezzo, 793, 795, 839, 849.
Tolone, 394, 625,
Tomboli, 431.
Tommaso (S.), 490, 617, 618, 638. 639, 790.
Tomsc, 293, 738.
Tonchino, 296.
Tondai, 487.
Tonga, 272.
Tongariro, 494.
Tongchiang, 438.
Torbole, 796.
Torghat, 632.
Torino, 208, 258, 277, 291, 300, 301, 355, 418, 578, 776, 835.
Tornavento, 417.
Toro, 4, 5, 6, 7, 35, 41, 200.
Toronto, 231, 856, 871.
Torres, 261, 298.
Torsucatac o Tursukatak, 343, 371.
Toscano, 260, 321, 391, 429, 525, 582, 626, 642, 740, 878.
Tracia, 275.
Trafalgar, 625.
Tranquillitatis, 226.
Transalai, 305.
Transcaucasia, 297.
Transilvania, 398, 453, 542, 576.
Transilvaniche (alpi), 75, 317, 325, 329, 802, 842.
Transimalaja, 304.
Trapani, 525.
Trasimeno, 329, 451, 458.
Traun, 411, 453.
Travale, 500.
Travemünde, 279.
Trebic, 385.
Tredici Comuni, 322.

Digitized by Google

Trellebourg, 524.
Tremiti, 627.
Trentino, 321, 513.
Trento, 43, 839.
Trezzo, 416.
Trient, 415.
Trieste, 180, 278, 383, 782.
Trinacria, 463.
Trinidad, 683, 789.
Trinità, 492.
Tripali, 757.
Tripergola, 467.
Tripolitania, 526, 709.
Tristan d'Acunha, 489, 615, 618, 619, 775, 789.
Troja, 150.
Tromholt, 863.
Trondjhem, 397, 633.
Truque, 320.
Tsade, 298, 309, 443, 451, 458.
Tsien-tang, 630.
Tsinmura, 483, 489.
Tuamotu, 621.
Tuareg, 309.
Tung-hai, 606, 607, 608.
Tunguragua, 723.
Tunguravilla, 723.
Tungusca, 738.
Tunisi, 605, 606, 794.
Tunisia, 248, 250, 309, 620, 709, 774, 799.
Turbaco, 492.
Turchestan, 293, 294, 306, 823, 834, 847, 884.
Turchi, 713.
Turcomanni, 309.
Turenna, 575.
Turingia, 576.
Turr, 297.
Tursukatak, v. Torsucatac.
Tuscarora (abisso del), 618, 620, 621.
Tuttle (com. del), 132, 133.
Tweed, 296,
Two Ocean Creek, 397.
Two Ocean Pass., 397.
Tyndall, 369, 370.
Tzana, 303, 450.

U

Uallangcium, 388.
Ubsa-nor, 306, 456.
Ucayali, 301.
Uccelli (fiume degli), 302,
Uchereve, 304, 450, 451.
Uda, 413.
Udine, 355, 441, 761, 762, 767, 776. 827, 834, 835, 837, 838, 839, 841, 848, 849, 850, 851, 878.
Udine-Villaco, 304.
Uih, 396.
Ulma, 403, 408, 842.
Ulungur, 306.
Umberto-Margherita, 486.
Umbria, 506, 507, 518, 878.
Umbriele, 88, 125.
Umea, 647.
Unalasca, 265.
Ungheria, 155, 314. 418, 440, 458, 459, 576, 587, 789, 846, 897.
Unicorno, 7, 44.
Union, 311.
Union-Peak, 692.
Unz, 394.
Uorri, 396.
Upas, 723.
Upper Yellowstone, 397.
Upsala, 851.
Ural, 316, 335, 448, 449.
Urali, 243, 283, 293, 294, 295, 319, 459, 738.
Urano, 40, 87, 88, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 106, 113, 124, 125, 126, 127, 132, 133.
Urbino, 767, 841.
Urgu, 306, 758, 846.
Urmia, 444.
Uroni, 299.
Urumtsi, 479.
Ustiansc. 420.
Ustica, 263, 483.
Ust-Urt, 295, 448.
Utah, 303, 444, 551.
Utznach, 582.

V

Vada, 462.
Vaigaš, 623.
Vaikato, 495.
Vairarapa, 513.
Valacchia, 513, 542.
Valassina, 388.
Valcamonica, 355.
Valchiusa, o Vaucluse, 388, 394, 423.
Valdai, 295, 399.
Valdero, 632.
Valdivia, 385. 518, 527.
Valdobbia, 304.
Valentina, 389.
Valenza, 296.
Valerien (mont.), 314.
Val Grande, 386.
Valiano, 399.
Valladolid, 842, 849.
Vallantschung, 328.
Vallese, 360, 415, 801.
Val Lunga, 359.
Valparaiso, 265, 482, 517, 608, 618, 620, 794, 869, 872.
Valtellina, 424.
Vàn, 252, 452.
Vancouver, 236, 260, 620, 773.
Vandea, 310, 525.
Vang, 523, 524.
Vanicoro, 272.
Vaporum, 226.
Var. 423.
Varallo, 839.
Varàno, 440, 462.
Varese (m. S. di), 753.
Varsavia, 154, 419.
Vega, 4, 5, 6, 16, 17, 34, 38, 39, 108, 200.
Velletri, 12.
Venasque, 328.
Venediger (Gross), 325, 328.
Venda, 171, 172, 304, 314.
Vendôme, 789.
Venere, 2, 49, 50, 51, 52, 86, 90, 92, 96, 97, 100, 102. 103, 104, 105, 107, 108, 109, 115, 116, 151, 179, 197, 728.
Veneto, 152, 315, 386, 395, 403, 413, 460, 878.
Venezia, 203, 209, 258, 279, 291, 307, 421, 422, 426, 429, 437, 440, 461, 523, 644, 725, 777, 792, 793, 794, 796, 827, 828, 829, 869, 874, 877.
Venezuela, 158, 300, 499, 517, 875,
Ventimiglia, 637.
Venzone, 412.
Vera Cruz, 304.
Vercojanse, 420.
Verde (capo), 174, 262, 263, 619, 642, 649, 727, 774, 800.
Verde (mar), 642.
Vergine, 4, 5. 6, 43, 199.
Vermiglio, 302.
Vernagt, 259, 338, 760.
Vermejo, 302.
Verolanuova, 152.
Verona, 422, 423, 460, 728, 841.
Veronese, 460, 587.
Verpeil, 407.
Vespero, 104.
Vesta, 88, 95, 112, 114, 115.
Vestfalia, 183.
Vesuvio, 227, 318, 324, 330, 414, 464, 474, 475, 476, 477, 478, 480, 481, 484, 485, 486, 487, 488, 518, 521, 530, 587, 590, 725.
Vetter, 453.
Via Lattea, 7, 13, 23, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 140, 164.
Via Malà, 692.
Viareggio, 459.
Vicentino, (terr.) 587, 594.
Vicenza, 152, 841.
Viciegda, 295.
Vico, 487, 488, 587.
Victoria Nianza, 303, 440, 450.
Victoria (Terra), 238, 527, 610.
Vienna, 152, 206, 208, 291, 403, 405, 576, 721, 756, 757, 758, 792, 761, 781, 782, 792, 822, 823, 825, 827, 828, 834, 836.
Vigevano, 850, 851.
Villa Bartolomea, 425.
Villarica, 324.
Villarubia, 394.
Vincennes, 749.
Vincentpyramide, 722.
Vincenzo (S.) 479, 767.
Vindia, 316.
Vindsor, 142.
Virginia, 459, 460.
Visch, 353, 354, 258.
Viso, 323.
Vistola, 295, 325, 396, 411, 419, 427, 430, 711, 877.
Viterbo, 389, 390, 487, 488.
Viti, 209, 272, 844.
Vittoria, 376, 377, 413.
Vittoria (cascata), 406, 879.
Vittorio, 386.
Viviers, 138.
Vogesi, 283.
Volano, 431.
Volga, 291, 294, 295, 399, 401, 418, 419, 448, 449, 845.
Volinia, 458.
Volpe, 44.
Volterra, 527.
Volterrano, 500.
Vorarlberg, 801.
Vosgi, 316, 319, 329, 586.
Vragnitza, 526.
Vulcanello, 481.
Vulcano, 106, 126, 479, 480, 481, 483, 488, 522.
Vulture, 487.

W

Waitzen, 403.
Wallenstatt, 451.
Wannelen, 743.
Wardhöe, 755.
Warnemünde, 279,
Washati Bad Land, 551.
Washburn, 496.
Washington, 88, 111, 125, 135, 158, 206, 208, 291, 318, 658, 688, 751, 791, 810, 848, 871.
Watchmann (capo), 869.

Digitized by Google

Weggis, 414.
Wellington, 875.
Wells (com. del), 146.
Werchojansk, 736, 884.
Wermsdorf, 839.
Weser, 396, 427, 438.
Westfalia, 388.
Wheal Abraham, 741.
White, 416.
White Mountain, 499.
Wickenburg, 758.
Wiek, 279.
Wieliczka, 542.
Wiener-Neustadt, 413.
Wildspitz, 326.
Wilkes, 238, 610, 879.
Windischen Bühein, 314.
Winnecke, (com. del), 132. 147.
Winnipeg, 299, 300, 738.
Wirbel, 405.
Wisconsin, 300.
Wismar, 279.
Wiorth, 820.
Wrangel, 238, 610.
Würtemberg, 740.
Wyman (abisso del), 621.
Wyoming, 555.

X

Xagua, 387.
Xirbi, 492.

Y

Yampa, 556.
Yanchees, 310.
Yarmouth, 781.
Yauri, 396.
Yazoo-Gate, 424.
Yellowstone, 397, 496, 499.
York Factory, 872.
York-River, 396.
York Settentrionale, 244, 272.
Yorkshire, 632.
Yowa, 819.
Ytteröen, 781.
Yucatan, 387.

Z

Zaidan, 306.
Zale, 484.
Zambesi, 297, 406, 430, 438.
Zanzibar, 622.
Zelanda, 180, 238, 775.
Zelline, 384.
Zembla N. 773.
Zenta, 302.
Zermatt. 339.
Ziilerthal, 328.
Zirenitz, 393, 394.
Ziria, 275.
Zug, 451.
Zugspitz, 439.
Zuidersee, 637.
Zurigo, 441, 451, 455, 801.
Zwölferkofel, 325.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

PROSPETTO I.

NUMERO DELLE COSTELLAZIONI

secondo vari autori e in varie epoche.

(Da HOUZEAU, *Vademecum*, pag. 817).

		Numero delle costellazioni
I°	sec. av. Cr. *Iginio* (gr.)	46
»	» dopo Cr. *Vitruvio* (lat.)	45
»	» » » *Germanico* (lat.) trad. di Arato	44
»	» » » *Manilio* (lat.)	46
II	» » » *Tolomeo* (gr.)	48
IV	» » » *Ausonio* (lat.)	43
»	» » » *Avieno* (lat.)	46
V	» » » *Proclo* (gr.)	52
»	» » » *Marciano Capella* (lat.)	47
VIII	» » » *Beda* (lat.)	43
XIII	» » » *Re Alfonso*	48
1524	*Apiano* (Bienewitz)	46
1543.	*Copernico*	48
1561.	*Piccolomini*	48
1570.	*Clavio*	48
1578.	*Giuntino*	48
1602.	*Tycho Brahe*	46
1603.	*Bayer*	60
1612.	*Grienberger*	50
1620.	*Blancano*	62
1627.	*Keplero*	62
1632.	*Lansberg* (van)	46
1645.	*Boulliau* (Bullialdus)	62

PROSPETTO II.

COSTELLAZIONI E NUMERO DELLE STELLE

visibili ad occhio nudo fino alla 6-7ª grandezza, secondo l'*Heis*.

(Da NEWCOMB, HOUZEAU ecc.).

Cielo stellato settentrionale.

Costellazioni.	Numero delle stelle	Costellazioni.	Numero delle stelle
1. Orsa Minore, *Ursa minor* (T.) (1)	54	17. Boote, *Bootes* (T.)	140
2. Cefeo, *Cepheus* (T.)	159	18. Corona Boreale, *Corona borealis* (T.)	31
3. Drago, *Draco* (T.)	220	19. Ercole, *Hercules* (T.)	227
4. Cassiopea, *Cassiopeia* (T.)	126	20. Volpe, *Vulpecola* (H.)	62
5. Giraffa, *Camelopardalus* (Bartsch)	138	21. Freccia, *Sagitta* (T.)	18
6. Orsa Maggiore, *Ursa maior* (T.)	227	22. Delfino, *Delphinus* (T.)	31
7. Cani da caccia, Levrieri, *Canes venatici* (H.)	88	23. Triangolo, *Triangulum* (T.)	30
8. Lira, *Lyra* (T.)	69	24. Ariete, *Aries* (T.)	80
9. Cigno, *Cygnus* (T.)	197	25. Toro, *Taurus* (T.)	188
10. Lucertola, *Lacerta* (H.)	48	26. Gemelli, *Gemini* (T.)	106
11. Andromeda (T.)	139	27. Cane minore, *Canis minor*, *Procyon* (T.)	37
12. Perseo, *Perseus* (T.)	136	28. Cancro, *Cancer* (T.)	92
13. Cocchiere, *Auriga* (T.)	144	29. Leone, *Leo* (T.)	161
14. Lince, *Lynx* (H.)	87	30. Cavallino, *Equuleus* (T.)	16
15. Leoncino. *Leo minor* (H.)	40	31. Pegaso, *Pegasus* (T.)	178
16. Chioma di Berenice, *Coma Berenices* (Proclo)	70	32. Pesci, *Pisces* (T.)	128

COSTELLAZIONI E NUMERO DELLE STELLE

visibili ad occhio nudo fino alla 7ª grandezza, secondo il *Gould*.

Cielo stellato meridionale.

Costellazioni.	Numero delle stelle	Costellazioni.	Numero delle stelle
*33. Balena, *Cetus* (T.)	321	*44. Vergine, *Virgo* (T.)	271
34. Eridano, *Eridanus* (T.)	293	*45. Serpente, *Serpens* (T.)	123
*35. Orione, *Orion* (T.)	186	*46. Ofiuco, *Ophiuchus*, *Serpentarius* (T.)	209
36. Lepre, *Lepus* (T.)	103	47. Scudo di Sobieski, *Scutum Sobieski* (H.)	33
*37. Unicorno, *Monoceros* (Bartsch)	165	*48. Aquila ed Antinoo, *Aquila et Antinous* (T. e Firm.)	146
38. Cane Maggiore, *Canis major* (T.)	178	49. Scorpione, *Scorpius* (T.)	185
*39. Idra Femmina, *Hydra* (T.)	393	50. Sagittario, *Sagittarius* (T.)	298
*40. Sestante, *Sextans* (H.)	75	51. Capricorno, *Capricornus* (T.)	134
41. Tazza, *Crater* (T.)	53	52. Acquario, *Aquarius* (T.)	276
42. Corvo, *Corvus* (T.)	53	53. Pesce Australe, *Piscis australinus* (T.)	75
43. Bilancia, *Libra*, *Chelae* (T.)	122		

(1) Vedi avvertenza in fine del prospetto.

Digitized by Google

Costellazioni.	Numero delle stelle
54. Scultore (o Apparecchio da Scult.), *Sculptor* (L.)	131
55. Fornello Chimico, *Fornax* (L.)	110
56. Bulino, *Caela sculptoris*, *Caelum* (L.)	28
57. Colomba, *Columba* (Plancius)	112
58. Pittore, Cavall. da Pittore, *Pluteum*, *Pictor* (L.)	67
59. Bussola, *Pixis nauticus* (L.)	65
60. Macchina Pneumatica, *Antlia pneumatica* (L.)	85
61. Nave. Argo (Vela, 248; Poppa, *Puppis*, 313; Carena, *Carina*, 268) (T.)	829
62. Centauro, *Centaurus* (T.)	389
63. Lupo, *Lupus* (T.)	159
64. Riga e Squadra, *Norma* (L.)	64
65. Altare, *Ara* (T.)	86
66. Corona Australe, *Corona australis* (T.)	49
67. Telescopio, *Tubus*, *Telescopium* (Hell)	87
68. Microscopio, *Microscopium* (L.)	69
69. Grue, *Grus* (Theod.)	106
70. Fenice, *Phoenix* (Theod.)	139
71. Orologio, *Horologium* (L.)	68
72. Reticolo, *Reticulum* (L.)	34
73. Pesce Spada, *Dorado* (Theod.)	43
74. Pesce Volante, *Piscis volans* (Theod.)	46
75. Croce, *Crux* (Royer)	54
76. Mosca, *Musca* (Habrecht)	75
77. Compasso, *Circinus* (L.)	48
78. Triangolo Australe, *Triangulum australe* (Theod.)	46
79 Pavone, *Pavo* (Theod.)	129
80. Indiano, *Indus* (Theod.)	84
81. Tucano, *Toukan*, *Pica indica*, *Anser american.* (Theod.)	81
82. Idra Maschio, *Hydrus* (Theod.)	64
83. Monte della Tavola, Meñsa, *Mons mensae* (L.)	44
84. Camaleonte. *Chamaeleon* (Theod.)	50
85. Rondine, *Apus* (Theod.)	67
86. Ottante, *Octans* (L)	88

AVVERTENZA. — Le lettere poste fra parentesi indicano a chi spetti l'adozione delle varie costellazioni, avvertendo ancora che sotto il nome di Tolomeo vanno raccolte moltissime ben più antiche di lui e da lui accettate. Ecco a quali autori e a quali opere si riferiscono le iniziali accennate:

T = TOLOMEO, *Almag.* o *Magna compositio*. 140 d. Cr.; — Theod. = THEODORI (Pietro Dircks Keyser), in BAYER, *Uranometria*, 1603; — H = HEVELIUS, *Prodromus astronomiae*, 1690; — L= LA CAILLE, *Hist. de l'Acad. des Scienc.*, 1752; — Bartsch. = BARTSCH, *Usus astronomicus planisphaerii stellati*, 1624; — Proclo = PROCLUS, *Sphaera*, V° secolo; — Firm. = FIRMICUS, *Matheseos institutiones*, IV.° sec.; — Hell = HELL, *Ephem. astron.* ecc., Vindobonae, 1790; — Royer = ROYER, *Cartes du Ciel*, 1679; — Habrecht = HABRECHT, *Planigobium coeleste*, 1628; — Plancius = PLANCIUS MERULA (Van Merle) *Cosmographia generalis* 1605.

Per ulteriori notizie in proposito v. HOUZEAU, *Vademecum de l'astronome*, pag. 820 e *Ann. Scient. ed Industr.* vol. XVII, 1880, pag. 53 e seg.

Le costellazioni segnate con * si estendono poco o molto anche nell'emisfero settentrionale.

PROSPETTO III.

POSIZIONI MEDIE DI ALCUNE STELLE PRINCIPALI

al 1° gennaio 1883.

(Dall'*Ann. du Bureau des Longit., pour l'an* 1883, pagina 72).

Nomi delle stelle	Ascens. retta media in tempo sidereo or.	m.	s.	Declinazione media °	′	″
α di Andromeda	0	2	20	+ 28	26	39
Polare	1	15	51	+ 88	41	6
α dell'Ariete	2	0	35	+ 22	54	31
α del Toro (Aldebaran)	4	29	12	+ 16	16	23
α dell'Auriga (la Capra)	5	8	3	+ 45	52	38
β di Orione (Rigel)	5	8	55	— 8	20	17
α » » (Beteigeuze)	5	48	50	+ 7	23	3
α del Cane Magg. (Sirio)	6	39	59	— 16	33	24
α^2 dei Gemelli (Castore)	7	27	8	+ 32	8	38
α del Cane Min. (Procione)	7	33	11	+ 5	31	25
β dei Gemelli (Polluce)	7	38	9	+ 28	18	27
α dell'Idra	9	21	50	— 8	9	8
α del Leone (Regolo)	10	2	8	+ 12	32	19
α dell'Orsa Magg.	10	56	30	+ 62	22	56
α della Vergine (Spica)	13	19	2	— 10	33	1
α di Boote (Arturo)	14	10	19	+ 19	47	32
α^2 della Libra	14	44	24	— 15	33	16
α dello Scorpione (Antares)	16	22	14	— 26	10	16
α di Ofiuco	17	29	30	+ 12	38	47
δ dell'Orsa Min.	18	10	4	+ 86	36	36
α della Lira (Vega)	18	32	59	+ 38	40	32
α dell'Aquila (Atair)	19	45	4	+ 8	33	37
α del Cigno (Deneb)	20	37	26	+ 44	51	46
α dell'Aquario	21	59	46	— 0	53	15
α del Pesce Austr. (Fomalhaut)	22	51	11	— 30	14	32
α di Pegaso	22	58	56	+ 14	34	34

NB. Il segno positivo (+) indica declinazione *boreale*; il segno negativo (—) declinazione *australe*; le abbreviazioni or_s. m_s. s. equivalgono a *ore*, *minuti* e *secondi*; i segni °, ′, ″, equivalgono a *gradi*, *minuti primi* e *minuti secondi* in arco.

Digitized by Google

PROSPETTO IV.

ELENCO DEI PIU' POTENTI TELESCOPI.

(Da NEWCOMB, *Popul. astron.*, pag. 133-135, e LORENZONI, *L'astron. in questi ultimi tempi*, pag. 38).

Riflettori, aventi un obiettivo del diametro di almeno 1 metro.

Osservat. o propriet.	Apert. in centim.	Autore e data della costruz.
Lord Rosse, Parsonstown (Irlanda)	183	Lord Rosse, 1844.
Lassel, Maidenhead (Inghilterra)	122	Lassel, 1860, distrutto.
Melbourne, Australia	122	Grubb, 1870.
Parigi, Osservatorio	120	Martin Eichens, 1876.

Rifrattori, aventi un obiettivo del diametro di almeno 39 centim.

Osservat. o propriet.	Apert. in centim.	Autore e data della costruz.
Osservatorio Lick in California	91 1/2	A. Clark e figli (in lavoro).
» di Pulkowa (Russia)	76	» » »
» » Nizza	76	Frat. Henry di Parigi (in lavoro)
» » Parigi	73 1/2	Martin, a Parigi.
» » Vienna	68 1/2	Grubb, a Dublino (1881).
» » Washington	66	Clark (1873).
Mc Cormick, Chicago	66	» (1879).
Mr. Newall a Gateshead (Inghilterra)	63 1/2	F. Cook e figli, a York (1868).
Osservatorio di Princeton (N. Yersey)	58 1/2	Clark (1881).
» » Strasburgo	48 1/2	Merz, a Monaco (Bav.) 1879.
» » Milano	48 1/2	» » (1881).
» » Deaborn (Chicago)	47	Clark (1863).
Van der Zee a Buffalo (N. York)	46	Titz.
Osservatorio di Rochester (N. York)	40 1/2	Clark (1880).
» » Madison	39 1/2	» (1879).
Lord Lindsay, Aberdeen (Scozia)	39 1/2	Grubb (1875).

L'elenco del Newcomb comprende 12 riflettori e 62 rifrattori di diam. super. a centim. 21 1/2. Fra questi strumenti uno solo, di centim. 28 1/2, è di autore italiano, Amici (1843?), ed è quello dell'Osservatorio di Arcetri presso Firenze.

PROSPETTO V.

VALORE FOTOMETRICO DI ALCUNE FRA LE STELLE PIU' SPLENDIDE.

(Da NEWCOMB, *Popul. Astron.*, pag. 471).

Stella	Grandezza	Splendore secondo Herschel.	Seidel	Wolff.	Pickering.
Sirio, α del Cane Magg.	0.1	4.99	4.57	—	4.41
Canopo, α di Argo	0.3	2.45	—	—	—
α del Centauro	0.6	1.23	—	—	—
* Arturo, α di Boote	0.8	0.89	0.85	0 99	1.21
Rigel, β di Orione	0.8	0.80	0.99	1.12	0.89
* Vega, α della Lira	0.9	(0.55)	1.00	0.80	1.05
* La Capra, α dell'Auriga	1.0	—	0.82	0.89	1 03
* Procione, α del Cane Min.	1.0	0.64	0.73	0.71	0.75
* Beteigenze, α di Orione	(1.0)	0.58	(0.36)	0 57	0.44
Achernar, α dell'Eridano	1.0	0.54	—	—	—
* Aldebaran, α del Toro	1.1	—	0 36	0.56	0 48
β del Centauro	1.2	0.49	—	—	—
α della Croce	1.2	0.46	—	—	—
* Atair, α dell'Aquila	1 3	0.43	0.49	0.52	0.42
Spica, α della Vergine	1.3	0.38	0.49	0.43	0 33
Antares, α dello Scorpione	1.3	0.50	0.34	—	0. 5
* Regolo, α del Leone	1.3	—	0.32	0.35	0.33
Fomalhaut, α del Pesce Austr.	1.4	0.32	—	—	—
* Polluce, β dei Gemelli	1.4	—	0.28	0.41	0.45
β della Croce	1.6	0.26	—	—	—
* Deneb, α del Cigno	1 7	—	0.30	0.37	0.31
* Castore, α dei Gemelli	1.7	—	0.26	0.28	0.20

AVVERTENZA. — Le stelle segnate con asterisco (*) appartengono all'emisfero boreale. — Be eigeuze è alquanto variabile di splendore.

Digitized by Google

PROSPETTO VI.

ORBITE CALCOLATE PER LE STELLE DOPPIE.

(Da NEWCOMB, *Popul. astron.* pag. 496).

Stella	Periodo in anni	Passaggio al perielio	Semiasse maggiore	Calcolatore
δ del Cavallino (1)	7 o 14	(1876)	(0".45)	O. Struve
42 della Chioma di Berenice	25.7	1859.9	0.66	»
ζ di Ercole	34.4	1864,8	1.28	Doberck.
Σ 3121	37.0	1842.8	0.70	»
Procione	39.9	—	0.98	Auwers.
η della Corona	41.6	1850.8	0.89	Doberck.
Σ 2173	45.4	1872.9	1.01	Dunér.
Sirio	49.4	1843.3	2 33	Auwers.
μ^2 di Ercole	54.2	1877.1	1.46	Doberck
γ della Corona austr.	55.6	1882.8	2.40	Schiaparelli
ζ del Cancro	59.5	1870.8	0 89	Doberck.
ξ dell'Orsa Magg.	60.8	1875.3	2.55	Dunér.
OΣ 298	64.8	1813.0	0.89	Doberck.
α del Centauro	85.5	1875.1	18.45	»
P di Ofiuco	94.4	1808.8	4.70	Schur.
O Σ 235	94.4	1839.1	0 98	Doberck.
γ della Corona	95.5	1843.7	0.70	»
§ della Libra	95.9	1859.6	1.26	»
Σ 3062	105.9	1835.0	1.27	»
ω del Leone	110.8	1841.8	0.89	»
P dell'Eridano	117.5	1817.5	3.82	»
Σ 1768	119.9	1863.0	0.81	»
ζ di Boote	127.3	1770.7	4.86	»
4 dell'Acquario	129.8	1752.0	0.72	»
η di Cassiopea	148.9	1905.0	8.79	L. Struve.
γ della Vergine	185.0	1836.7	3.97	Thiele.
τ di Ofiuco	217.9	1821.9	1.40	Doberck.
λ » »	233.9	1803.9	1.19	»
ι di Boote	261.1	1783.0	3.09	»
μ^2 di »	280.3	1863.5	1.47	»
36 di Andromeda	316.1	1801.7	1.65	»
γ del Leone	407.0	1741.0	1.98	»
δ del Cigno	415.1	1904.1	2.31	Behrmann.

(1) Determinazione che presentò molte difficoltà e i cui risultati offrono ancora oggi molta incertezza.

PROSPETTO VII.

VALORI ATTRIBUITI ALLA PARALLASSE COMUNE DELLE STELLE FISSE.

(Da HOUZEAU, *Vademecum*, pag. 881).

Rammentando come la parallasse del sole oggi si possa ritenere eguale ad $8.''_{81}$, ecco quali valori si attribuivano alle parallassi annue delle fisse dai seguenti astronomi del sec. XVII.

1609. Magini	616"	1633. Van der Hove	30'
1614. Scheiner	20	1644. Herigone	180
1620. Keplero	6	1645. De Rheita	240
1622. Longomontano	611	1645. Boulliau	80
1631. Langsberg	7.37	1651. Wendelin	8
1632. Galileo	20		

Digitized by Google

VALORI DELLA PARALLASSE SOLARE

dedotti con varii metodi, secondo le ultime e più accreditate determinazioni.

(Da HOUZEAU, NEWCOMB, YOUNG, e da altre fonti)

Valori dedotti con metodi geometrici

Data ed autore	Metodo	Valore
1863, *Hall*	Opposizione di Marte del 1862 (parte)	8.″84
» *Stone*	» » » » »	8. 94
» *Winnecke*	» » » » »	8. 96
1880, *Gill*	» » » » 1877	8. 78
1881, *Eastmann*	» » » » »	8. 95
1875, *Galle*	» » Flora del 1873	8. 87
1877, *Lindsay e Gill*	» » Giunone, del 1874	8. 88
1881, *Hardy*	» » » » » (discutendo Gill)	8. 79
1864, *Powalsky*	Passaggio di Venere del 1769	8. 83
1868, *Stone*	» » » » »	8. 91
1870, *Powalsky*	» » » » » (2.° calcolo)	8. 79
1875, *Puiseux*	» » » » 1874 (piccola parte)	8. 88
1877, *Airy*	» » » » 1874 (osservaz. inglesi)	8. 75
1878, *Stone*	» » » » » »	8. 88
1878, *Tupmann*	» » » » » »	8. 81
1881, *Todd*	» » » » » (fotogr. americane)	8. 88
1881, *Puiseux*	» » » » »	8. 91

Valori dedotti con metodi meccanici

Data ed autore	Metodo	Valore
1854, *Hansen*	Ineguaglianza parallattica	8. 96
1863, »	» »	8. 97
» »	» » (corretto)	8. 92
1867, *Stone*	» »	8. 85
» »	» » (correzione di Hansen)	8. 92
1880, *Neison*	» »	8. 77
1858, *Leverrier*	Equazione annua	8.″95
1867, *Stone*	» » (corr. di Leverrier)	8. 91
1871, *Powalsky*	Massa terr. e perturbazioni planetarie	8. 77
1872, *Leverrier*	» » » »	8. 86
» *Newcomb*	» » » » (discuss. di Leverrier)	8. 83
1881, *Tisserand*	» » » »	8. 85

Valori dedotti con metodo fisico

Data ed autore	Metodo	Valore
1862, *Foucault*	Velocità della luce	8. 86
1874-76, *Cornu*	» » »	8. 79
1879, *Michelson*	» » »	8. 81
Todd	» » »	8. 81

Valori dedotti con metodi misti

Data ed autore	Metodo	Valore
1867, *Newcomb*	Discussione dei vari metodi	8. 85
1881, *Faye*	» » » »	8. 28

Digitized by Google

PROSPETTO IX.

TAVOLA DELLA RIFRAZIONE ATMOSFERICA

(Dalla *Connaissance des temps pour l'an* 1881, pag. 667)

Distanza zenitale	Rifrazione	Distanza zenitale	Rifrazione	Distanza zenitale	Rifrazione	Distanza zenitale	Rifrazione
90°	33.′ 47,″ 9	83°	7.′ 25,″ 6	71°	2.′ 47,″ 8	45°	0.′ 58,″3
89 30′	28. 33, 2	82	6. 34, 7	70	2. 38, 9	40	0. 48, 9
89	24. 22, 3	81	5. 53, 7	68	2. 23, 4	35	0. 40, 8
88 30′	21. 2, 7	80	5. 20, 0	66	2. 10, 3	30	0. 33, 7
88	18. 23, 1	79	4. 51, 9	64	1. 59, 0	25	0. 27, 6
87 30′	16. 14, 1	78	4. 28, 1	62	1. 49, 3	20	0. 21, 2
87	14. 28, 7	77	4. 7, 7	60	1. 40, 7	15	0. 15, 2
86 30′	13. 1, 6	76	3. 50, 0	58	1. 33, 1	10	0. 10, 3
86	11. 48, 8	75	3. 34, 5	56	1. 26, 3	5	0. 5, 1
85 30′	10. 47, 3	74	3. 20, 8	54	1. 20, 1	0	0. 0, 0
85	9. 54, 8	73	3. 8, 6	52	1. 14, 5	—	— — —
84	8. 30, 3	72	2. 57, 7	50	1. 9, 4	—	— — —

PROSPETTO X.

SEMIDIAMETRO DEL SOLE

a mezzogiorno medio nel 1883.

(Dall'*Annuaire du Bureau pour l'an* 1883, pag. 65)

Mese	giorno	Valore del semid. in minuti e secondi	Mese	giorno	Valore del semid. in minuti e secondi
Gennaio	0	16.′ 18.″20 (1)	Luglio	9	15.′ 46″ 06
	10	16. 17, 97		19	15. 46, 60
	20	16. 17, 33		29	15. 47, 48
	30	16. 16, 13	Agosto	8	15. 48, 81
Febbraio	9	16. 14, 49		18	15. 50, 56
	19	16. 12, 56		28	15. 52, 56
Marzo	1	16. 10, 23	Settembre	7	15. 54, 88
	11	16. 7, 67		17	15. 57, 46
	21	16. 5, 03		27	16. 0, 10
	31	16. 2, 24	Ottobre	7	16. 2, 88
Aprile	10	15. 59, 46		17	16. 5, 67
	20	15. 56, 86		27	16. 8, 82
	30	15. 54, 33	Novembre	6	16. 10, 79
Maggio	10	15. 52, 05		16	16. 13, 06
	20	15. 50, 13		26	16. 14, 91
	30	15. 48, 48	Dicembre	6	16. 16, 45
Giugno	9	15. 47, 22		16	16. 17, 54
	19	15. 46, 44		26	16 18, 07
	29	15. 46, 01		31	16. 18, 17

(1) Ritenuto sempre che il diametro medio sia di 32′ 4″ ovvero di 1924″

Digitized by Google

PROSPETTO XI.

DISTRIBUZIONE DELLE MACCHIE SUL SOLE

dal 1854 al 1881

(Sec. SPOERR, CARRINGTON, SECCHI, ecc.).

Anni	Emisf. boreale Freq.	Emisf. boreale Latit.	Emisf. australe Freq.	Emisf. australe Latit.	Entrambi gli emisf. Freq.	Entrambi gli emisf. Latit.	Fasi	Osservatori.
1854	138	10,°3	90	9,°6	228	9,9		Carrington.
1855	46	7, 2	48	8, 6	94	7,8		»
1856	21	8, 3	67	9, 0	30	8,5	1856,2 Min.	»
	3	31, 7	—	—	—	—		
1857	9	3, 4	32	28, 7	35	29,0		»
	144	23, 6	157	24, 4	310	23,9		»
1858	236	20, 7	526	20, 6	762	20,6		»
1859	432	17, 3	537	17, 1	969	17,2		»
1860	712	17, 8	695	16, 8	1407	17,3	1860,2 Max.	»
1861	622	14, 2	563	14, 5	1185	14,3		Heis e Spoerer.
1862	373	12, 7	400	12, 0	773	12,3		»
1863	306	10, 8	262	10, 4	568	10,6		»
1864	283	11, 1	244	10, 2	527	10,7		»
1865	200	9, 3	172	10, 2	372	9,7		»
1866	101	9, 4	83	8, 4	184	8,9		»
1867	43	8, 0	8	7, 4	51	7,9	1867 2 Min.	
	13	26, 8	52	22, 9	65	21,7		
1868	178	24, 9	278	25, 8	456	23,0		Spoerer ed altri.
1869	428	21, 7	479	21, 6	907	21,6		»
1870	738	17, 0	765	18, 9	1503	17,9	1870,9 Max.	»
1871	545	17, 8	605	14, 8	1150	16,2		»
1872	523	16, 0	618	13, 2	1141	14,5		»
1873	330	13, 3	415	11, 2	745	12,0		»
1874	249	11, 0	246	11, 2	495	11,1		»
1875	108	11, 3	85	10, 4	193	10,9		»
1876	44	10, 3	81	10, 0	125	10,1		»
1877	48	8, 3	66	9, 7	114	9,1		»
	4	29, 4	—	—	4	29,4		»
1878	30	7, 8	10	7, 0	40	7,6	1878, Min.	»
	1	34, 4	1	20, 2	2	27,8		
1879	11	8, 3	3	6, 1	14	7,8		»
	23	24, 5	37	21, 9	60	22,5		»
1880	218	20, 0	156	20, 3	374	20,1		»
1881	318	18, 0	252	19, 9	570	18,8		»

Digitized by Google

PROSPETTO XII.

NUMERO DELLE MACCHIE, PROTUBERANZE E FACULE SOLARI

osservati al Collegio Romano nel quadriennio 1879-1882.

(TACCHINI, *Memorie degli Spettroscop. italiani*).

Anni e trimestri		MACCHIE E FORI				PROTUBERANZE				FACULE	
		Frequenza delle macchie	Giorni senza macchie	Media estensione delle macchie	Num. dei gruppi	Numero medio per giorno	Num. raggruppato ai giorni d'oss.	Altezza media	Lunghezza media	Media estensione	Numero dei gruppi
1879	1°	0.33	91	0.22	—	1.1	—	20."1	0."77	9.22	—
	2°	0 81	49	1.08	—	2.6	69	36. 0	1. 43	11.40	47
	3°	2.14	47	5.99	—	3.4	204	38. 8	1. 64	22.56	51
	4°	4.03	46	6.55	—	5.1	198	41. 7	2. 01	25.27	76
1880	1°	7.32	17	19.30	31	5.3	229	40. 0	2. 14	41.96	160
	2°	11.52	8	35.70	27	6.3	282	42. 5	2. 19	38.78	121
	3°	22.64	7	34.12	57	7.8	526	43. 4	2. 46	65.80	61
	4°	13.94	5	42.02	50	7.5	297	44. 5	2. 03	106.31	248
1881	1°	19.28	0	42.59	49	8.4	213	45. 8	2. 63	79.15	164
	2°	20.29	0	28.72	102	11.6	496	45. 8	2. 67	94.49	346
	3°	02.12	2	52.02	91	12.5	771	48. 5	2. 77	101.81	432
	4°	18.29	0	48.72	69	11.7	515	47. 8	2. 60	77.98	242
1882	1°	23.49	0	39.97	85	11.3	655	45. 2	2. 33	66.98	239
	2°	23.27	0	84.41	67	11 1	598	44. 4	2. 17	82.28	230
	3°	18.97	0	40 00	63	11.1	707	47. 5	2. 4	80.81	265
	4°	24.54	0	72.38	73	11.1	367	44. 5	2. 6	96.15	85
1879		1.83	53	3.46	—	3.0	615	34. 2	1. 46	17.11	268
1880		13.85	12	32.78	165	6.7	1334	42. 6	2. 20	63.21	592
1881		19.44	0.5	43 01	311	11.1	1995	48. 0	2 67	88.38	1184
1882		22.57	0	59.20	288	11.1	2327	45. 4	2. 37	81.55	819

PROSPETTO XIII.

INTENSITA' DELLA RADIAZIONE NELLE VARIE PARTI DEL DISCO SOLARE

(Dal NEWCOMB, *Popul. Astron.*, pag. 372).

Distanza dal centro del sole	Radiazione luminosa (sec. il Pickering)	Radiazione termica (sec. il Langley)	Radiazione chimica (sec. il Vogel)
0 000	100	100	100
0.125	99	—	100
0.250	97	99	98
0.375	94	—	95
0.500	91	95	90
0.625	86	—	81
0.750	79	86	66
0 850	69	—	48
0 950	55	—	25
0 960	—	62	23
0.980	—	50	18
1 000	37	—	13

Digitized by Google

PROSPETTO XIV.

RELAZIONI TRA I FENOMENI SOLARI E IL MAGNETISMO TERRESTRE

I. *a*) Relazioni fra la variazione diurna dell'ago magnetico a Roma e a Praga, e il numero delle macchie solari durante il periodo 1859-1876

(Sec. il P. SECCHI, *Le Soleil*, II, p. 333).

Anno meteorologico (da 1° dic. a 30 nov.)	Variazione diurna dell'ago magnetico a Roma	a Praga	Numero dei gruppi di macchie	Anno meteorologico (da 1° dic. a 30 nov.)	Variazione diurna dell'ago magnetico a Roma	a Praga	Numero dei gruppi di macchie
1859	10', 871	10', 37	257	1868	7', 132	8', 15	92
1860	10. 984	10, 05	251	1869	8, 953	9, 44	198
1861	9, 596	9, 17	251	1870	10, 966	11, 41	262
1862	8, 995	8, 59	112	1871	11, 130	11, 60	304
1863	7, 861	8, 84	105	1872	10, 653	10, 70	292
1864	8, 377	8, 02	97	1873	9, 015	9, 05	200
1865	7, 591	8, 14	88	1874	8, 110	7, 98	154
1866	7, 143	7, 65	81	1875	6, 968	—	86
1867	6, 585	7, 09	32	1876 1.° semestre)	6, 55	—	48

b) Relelazioni fra la variazione diurna dell'ago magnetico a Moncalieri a Milano e a Roma, e il numero delle macchie solari durante il periodo 1866-1880

(Sec. il P. DENZA. *Bull mens. dell'Assoc. meteor. ital.*, Serie II, vol. I°., 1880-81, p. 94).

Anno	Variazione diurna dell'ago magnetico a Moncalieri	a Milano	a Roma	Numero relativo delle macchie solari
1866	—	—	7,'14	16, 3
1867	—	—	6, 58	7, 3
1868	—	—	7, 13	37, 3
1869	—	—	8, 95	73. 9
1870	—	11,'52	10 97	139. 1 mass.
1871	11,'56	10, 70	11. 13	111, 2
1872	10, 53	10, 32	10. 65	101, 7
1873	9, 28	8. 64	9, 01	66, 3
1874	8, 21	7, 77	8. 11	4, 6
1875	6, 48	5, 73	6, 97	17, 1
1876	6 31	6, 31	6, 82	11. 3
1877	5, 83	5, 68	6, 63	12, 3
1878	4, 50	5, 30	6, 22	3. 4 min.
1879	6, 16	6, 32	—	6, 0
1880	7, 31	6, 71	—	32, 3

c) Relazioni fra la variazione diurna dell'ago magnetico a Milano e il numero delle macchie solari secondo aggruppamenti degli anni di massima e di minima nel periodo undecennale di queste ultime

(Dallo SCHIAPARELLI, *Mediolanum*, Milano. Dr. Francesco Vallardi, 1881, p. 42).

Anni del periodo undecennale delle macchie	Numero medio delle macchie solari	Variazione media diurna dell'ago magnetico	Anni del periodo undecennale delle macchie	Numero medio delle macchie solari	Variazione media diurna dell'ago magnetico
1.° (mass. delle macchie)	106	11,'24	7.° (mass delle macchie)	21	6,'32
2.° » »	101	10, 25	8.° (min. delle macchie)	11	5, 62
3.° » »	82	9, 34	9.° » »	14	5 75
4.° » »	64	8, 22	10.° » »	40	6, 58
5.° » »	47	7, 73	11.° » »	77	9, 15
6.° » »	34	7, 01			

Digitized by Google

II. Relazioni fra le macchie solari, le aurore polari e la variazione media diurna dell'ago magnetico dalla fine del sec. XVII al 1876

(Sec. il Wolf, Fritz, e il Secchi, *Le Soleil*, II, pag. 331).

Anni di massima frequenza delle macchie	Anni di massima frequenza delle aur. polari	Variazioni medie diurne dell'ago magnetico		Anni di minima frequenza delle macchie	Anni di minima frequenza delle aur. polari	Variazioni medie diurne dell'ago magnetico	
1706	1707	—		1698	1700	—	
1718	1721	40'	Londra (Graham)	1712	1714	—	
1728	1728	—		1723	1724	—	
1739	1738	—		1733	1733	—	
1750	1749	—		1745	1745	—	
1761	1760	—		1758	1755	—	
1770	1769	—		1766	1766	—	
1779	1779	—		1776	1776	—	
1788	1788	23, 0	Parigi (Cassini)	1785	1785	16,'9	Parigi (Cassini)
1804	1804	—		1799	1799	—	
1817	1816	—		1811	1811	—	
1830	1830	13, 07	Parigi	1823	18 3	8. 18	Gottinga
1837	1839	11, 47	Monaco	1834	1834	7, 79	Monaco
18 0	1848	11, 55	»	1844	1844	5, 24	»
1860	1859	11, 17	»	1856	1856	5 02	»
1871	1871	11, 13	Roma	1867	1867	5, 05	»
				1876		6, 82	»

Prospetto XV.

ELEMENTI DEI PIANETI MAGGIORI

(Dal Newcomb, dall'*Annuaire du Bureau* e da altre fonti).

Nomi e segni dei pianeti	Medio movimento diurno	Rivoluzione siderea in giorni medi	Media distanza dal sole essendo = 1 quella della terra	Media distanza dal sole in milioni di chilometri	Eccentricità
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Mercurio ☿	14732.' 42	87 969	0.38710	58	0.20560
Venere ♀	5767. 67	224.701	0.72333	108	0 00684
Terra ♁	3548. 19	365.256	1.00000	149	0 01677
Marte ♂	1 86. 52	686.980	1.52369	227	0.0)326
Giove ♃	299. 13	4332.588	5.20280	777	0.04825
Saturno ♄	120. 45	10759.236	9.53886	1424	0.05607
Urano ♅	42. 23	306 8.390	19.18338	2864	0 04636
Nettuno ♆	21. 53	60181.113	30.05437	4487	0.00899

Nomi dei pianeti	Longitudine del perielio	Longitudine del nodo ascendente	Inclinazione	Media longitudine al 1 genn. 1850 a 0. ore a Parigi
	7.	8.	9.	10.
Mercurio	75° 7' 14"	45° 33' 9"	7° 0' 8"	327° 15' 20"
Venere	129 27 15	75 19 52	3 23 35	245 33 15
Terra	100 21 22	0 0 0	0 0 0	100 46 44
Marte	333 17 54	48 23 53	1 51 2	83 40 31
Giove	11 54 58	98 56 17	1 18 41	160 1 10
Saturno	90 6 38	112 20 53	2 29 40	14 52 28
Urano	170 38 49	73 14 38	0 46 21	29 13 26
Nettuno	46 9 13	130 7 18	1 46 59	334 30 27

Digitized by Google

Nomi dei pianeti	DIAMETRO EQUATORIALE alla distanza 1.	essendo = 1 quella della Terra	in chilometri	Schiacciamento	MASSA essendo = 1 quella del sole	essendo = 1 quella della terra	Densità	Peso all'equatore	Durata della rotazione	Albedo
	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Mercurio .	6.″ 6	0.37	4800	0	$\frac{1}{5310000}$	0 06	1.17	0.44	24ore 0m ?s	0 11
Venere . .	17. 55	1.00	12700	0	$\frac{1}{412150}$	0.79	0.81	0.80	23 21 ?	0.62
Terra . . .	17. 62	1.00	12756	$\frac{1}{290}$	$\frac{1}{324439}$	1	1	1	23 56 4	—
Marte . . .	9. 35	0 53	6770	0?	$\frac{1}{3093500}$	0 10	0.71	0.38	24 37 23	0.27
Giove . . .	196. 0	11.11	141700	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{1050}$	308 99	0.24	2.25	9 55 34	0.62
Saturno . .	164. 8	9.35	119300	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3530}$	91 92	0.13	0 89	10 16	0.50
Urano . . .	69. 4	3.94	50300	$\frac{1}{9.5}$	$\frac{1}{24000}$	13 52	0.23	0.91	?	0 64
Nettuno . .	86. 3	4 90	62400	?	$\frac{1}{19500}$	16.60	0.15	1 56	?	0.46
Sole	32 3. 0	109.14	1392100	0	1	324439	0.25	27.62	25—27s.	—

PROSPETTO XVI.

ELEMENTI DEI PIANETINI OD ASTEROIDI

	Numero e nome	Anno della scop.	Scopritore	Distanza dal sole mass.	Distanza dal sole min.	Movimento diurno	Rivoluzione	Eccentricità	Longit. del perielio	Long. del nodo	Inclinazione	Semiasse dell'orbita
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
(1)	Cerere . . .	1801	Piazzi	2.98	2.56	770.″2	4.61	0 076	149.°6	80 °8	10.°6	2.767
(2)	Pallade. . .	1802	Olbers	3.43	2.11	768. 9	4 62	0 238	121. 9	172. 7	34. 7	2.772
(3)	Giunone . .	1804	Harding	3.35	1 98	813. 0	4.36	0.258	55. 3	170. 6	13. 0	2.668
(4)	Vesta. . . .	1807	Olbers	2.57	2.15	977. 8	3 63	0.088	250. 6	103. 5	7. 1	2.362
(5)	Astrea . . .	1845	Hencke	3.06	2.10	857. 4	4.14	0.186	154. 9	141. 4	5. 3	2.579
(6)	Ebe.	1847	»	2.92	1.93	939. 1	3.78	0 203	15 2	138. 7	14. 8	2.425
(7)	Iride	»	Hind	2 94	1.83	902. 6	3.69	0.231	41. 4	259. 8	5. 5	2.386
(8)	Flora. . . .	»	»	2.55	1.86	10 6. 3	3.27	0.157	32. 9	1.0. 3	5 9	2.201
(9)	Metide . . .	1848	Graham	2.68	2.09	952. 3	3.69	0.123	71. 1	68. 5	5. 6	2.387
(10)	Igea	1849	De Gasparis	3.49	2.80	637. 2	5.58	0.109	237. 5	285. 7	3. 8	3.144
(11)	Partenope .	1850	»	2.70	2.21	923. 5	3.84	0.099	317. 6	125. 2	4. 6	2.453
(12)	Vittoria . .	»	Hind	2.84	1.82	994. 8	3.57	0.219	301. 7	235. 6	8. 4	2.334
(13)	Egeria . . .	»	De Gasparis	2.80	2.35	857. 9	4.14	0.057	120. 2	43. 2	16. 5	2.577
(14)	Irene	1851	Hind	3 01	2.17	851. 4	4.17	0.163	179. 8	86. 8	9. 1	2.590
(15)	Eunomia . .	»	De Gasparis	3.14	2.15	825. 4	4.30	0.187	27. 9	293. 9	11. 7	2.644
(16)	Psiche . . .	1852	»	3.33	2.52	711. 0	4.99	0.139	13. 9	150. 6	3. 1	2.921
(17)	Teti.	»	Luther	2.79	2.15	912. 4	3.89	0.1.9	231. 6	135. 4	5. 6	2.473
(18)	Melpomene.	»	Hind	2.80	1.80	10 0. 1	3 48	0.218	1.. 1	150. 1	10. 2	2.296
(19)	Fortuna . .	»	»	2.83	2.05	929. 9	3.82	0.159	30. 6	211. 3	1. 5	2.442
(20)	Massalia . .	»	De Gasparis	2.75	2.06	948. 9	3.74	0.143	100. 0	206. 4	0. 7	2.409
(21)	Lutezia . . .	»	Goldschmidt	2.83	2.04	933. 6	3 80	0.162	327. 1	80. 5	3. 1	2.435
(22)	Calliope . .	»	Hind	3.20	2.62	715. 5	4.95	0.101	59. 6	66. 6	13. 7	2.909
(23)	Talia	»	»	3.24	2.02	832. 8	4.27	0.230	133. 6	67. 7	10. 2	2.631
(24)	Temi	1853	De Gasparis	3. 2	2.75	640. 2	5.53	0 121	144. 0	35. 5	0. 8	3.136
(25)	Focea. . . .	»	Chacornac	3.01	1.79	954. 6	3.72	0.255	302. 8	214. 2	21. 6	2.400
(26)	Proserpina.	»	Luther	2.89	2.42	819. 7	4.33	0.087	236. 4	45. 9	3. 6	2.656
(27)	Euterpe . .	»	Hind	2.76	1.94	986. 7	3.60	0.174	88. 0	93. 9	1. 6	2.347
(28)	Bellona . .	1851	Luther	3..0	2.'5	766. 1	4 63	0.150	123. 7	144. 6	9. 4	2.783
(29)	Anfitrite . .	»	Marth	2 71	2.34	809. 0	4 09	0.0 4	5) 4	35 . 7	6. 1	2.555
(30)	Urania . . .	»	Hind	2.65	2.06	975. 2	3.64	0.127	31. 5	308. 1	2. 1	2.367

Digitized by Google

Numero e nome	Anno della scop.	Scopritore	Distanza dal sole mass.	Distanza dal sole min.	Movimento diurno	Rivoluzione	Eccentricità	Longit. del perielio	Long. del nodo	Inclinazione	Semiasse dell'orbita
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
(31) Eufrosine	1854	Ferguson	3.85	2.45	635."2	5.59	0.223	93.°2	31. 5	26.°5	3.147
(32) Pomona	»	Goldschmidt	2.81	2.37	852. 6	4 16	0.083	193. 4	220 7	5. 5	2.587
(33) Pollinia	»	Chacornac	3.83	1.89	732. 5	4.84	0.340	312. 2	9. 1	1. 9	2 861
(34) Circe	1855	»	2.97	2.49	806. 1	4.41	0.107	150. 7	184. 7	5. 4	2.686
(35) Leucotea	»	Luther	3 65	2 32	685. 7	5.18	0 221	201. 9	355. 7	8. 2	2.992
(36) Atalanta	»	Goldschmidt	3.57	1.92	778. 8	4.55	0 302	41. 7	359. 0	18. 7	2.745
(37) Fides	»	Luther	3.11	2.17	826. 8	4.30	0.176	66. 3	8. 3	3. 1	2.644
(38) Leda	1855	Chacornac	3 16	2.32	782 3	4.54	0.153	100. 8	296. 4	7. 0	2.743
(39) Letizia	»	»	3.05	2.46	760 8	4 61	0.111	3. 5	187. 4	10. 4	2.473
(40) Armonia	»	Goldschmidt	2.37	2.16	1039. 3	3 42	0 047	0. 9	93. 0	4. 3	2 267
(41) Dafne	»	»	3 51	2 02	773. 0	4 59	0.270	220. 0	179. 2	16. 0	2.760
(42) Iside	»	Pogson	2.99	1.89	930 9	3 81	0.226	318. 0	84. 5	8. 6	2.440
(43) Arianna	1857	»	2.97	1 83	1084. 8	3 27	0.167	278. 0	264. 6	3 5	2.203
(44) Nisa	»	Goldschmidt	2.79	2.06	941. 7	3.78	0.151	111. 9	131. 1	3. 7	2 422
(45) Eugenia	»	»	2.94	2 50	791. 0	4.49	0.083	220. 4	148. 2	6. 6	2.720
(46) Estia	1857	Pogson	2.94	2.11	883. 4	4.02	0.164	354. 4	181. 5	2. 3	2.526
(47) Aglaja	»	Luther	3.25	2.50	725 4	4 89	0 152	313. 2	4. 3	5. 0	2 882
(48) Dori	»	Goldschmidt	3.33	2.89	646. 1	5.49	0 065	70. 6	184. 9	6. 5	3.113
(49) Pale	»	»	3.82	2.37	653. 5	5 42	0.233	31. 1	209. 6	3. 1	3 091
(50) Virginia	»	Ferguson	3.41	1 90	822. 5	4.32	0 285	9. 8	173. 6	2. 8	2.652
(51) Nemausa	1858	Laurent	3.52	2.21	975. 2	3 64	0 067	174. 6	175. 8	10. 0	2 365
(52) Europa	»	Goldschmidt	3.35	2.70	651. 1	5.45	0 110	106. 9	129. 7	7. 4	3.026
(53) Calipso	»	Luther	3.15	2.08	837. 5	4.25	0.203	92. 9	144. 0	5. 1	2.621
(54) Alexandra	»	Goldschmidt	3.25	2 17	795. 6	4 46	0.199	294. 3	313. 8	11. 8	2.709
(55) Pandora	»	Searle	3.15	2 37	774. 3	4 59	0.143	12. 3	101. 9	7. 2	2.760
(56) Melete	1857	Goldschmidt	3.21	1.98	848. 2	4.19	0.136	94. 5	194. 1	8. 0	2.597
(57) Mnemosine	1859	Luther	3.50	2.81	634. 9	5.61	0 115	53. 4	200. 0	15. 2	3. 5.
(58) Concordia	1860	»	2 81	2.59	800. 1	4.44	0.043	185. 9	161. 4	5. 0	2.700
(59) Elpi	»	Chacornac	3.03	2.40	791. 0	4 47	0 119	18. 4	170. 4	8. 6	2.712
(60) Eco	»	Ferguson	2.83	1 95	958. 1	3.70	0.184	99. 2	191. 9	3 6	2.393
(61) Danae	»	Goldschmidt	3.47	2.50	683. 2	5.16	0 162	344. 4	334 2	18. 2	2. 85
(62) Erato	»	Foerster	3.67	2.59	616 6	5.54	0.173	39 0	125. 8	2. 2	3.130
(63) Ausonia	1861	De Gasparis	2 69	2.10	956. 8	3.72	0.124	270. 1	338. 0	5. 8	2.398
(64) Angelina	»	Tempel	3.02	2.34	808. 4	4.39	0.127	124. 9	311. 0	1. 3	2.682
(65) Cibele	»	»	3.80	3.05	5 8 3	6 35	0.110	261. 1	158. 8	3. 5	3.427
(66) Maja	»	Tuttle	3 09	2.21	821 6	4 32	0.175	48. 1	8. 3	3. 1	2.645
(67) Asia	»	Pogson	2.87	1 97	942 0	3 77	0 187	306. 6	202 7	6. 0	2.420
(68) Leto	»	Luther	3.30	2.26	765 3	4.64	0.1 8	345. 2	45 0	8. 0	2.781
(69) Hesperia	»	Schiaparelli	3.49	2 47	689. 9	5.15	0..71	108. 5	187 2	8. 5	2 978
(70) Panopea	»	Goldschmidt	3 09	2.14	839. 1	4 23	0.183	300 6	48. 1	11. 6	2 614
(71) Niobe	1861	Luther	3.23	2.23	774. 6	4.58	0.173	221. 9	316. 4	23. 3	2.756
(72) Feronia	»	Peters	2.54	1.99	1040. 1	3.41	0 120	307. 9	207. 8	5. 4	2.270
(73) Clizia	1862	Tuttle	2.78	2.55	815. 4	4.35	0.042	57. 9	7. 7	2. 4	2.665
(74) Galatea	»	Tempel	3.44	2.12	766. 3	4.64	0.237	8. 6	197. 9	4. 0	2.781
(75) Euridice	»	Peters	3.49	.85	813. 0	4.37	0.306	335. 5	359. 9	5. 0	2.672
(76) Freia	»	d'Arrest	4.00	2 82	583. 2	6 30	0 174	92 2	212. 2	2. 0	3 4 9
(77) Frigga	»	Peters	3.03	2.31	811. 1	4.37	0 132	59 0	2. 0	2. 5	2.666
(78) Diana	1863	Luther	3 16	2.08	836. 6	4.25	0.205	121. 7	333. 8	8. 7	2.623
(79) Eurinome	»	Watson	2 92	1.97	928. 9	3.82	0.194	44. 4	206 7	4. 6	2.444
(80) Saffo	1864	Pogson	2.76	1 84	020. 1	3 48	0.2.0	355. 4	218. 7	8. 6	2.296
(81) Tersicore	»	Tempel	3.45	2.25	736. 2	4.82	0 211	48. 7	2. 7	7. 9	2 853
(82) Alcmene	»	Luther	3.38	2 13	7.2. 7	4.60	0.221	132. 1	27. 0	2. 9	2.766
(83) Beatrice	1865	De Gasparis	2.64	2.22	936. 1	3 79	0.0 6	191. 4	27. 5	5. 0	2 430
(84) Clio	»	Luther	2.92	1.80	977. 8	3.63	0.236	339. 4	327. 4	9. 4	2 363
(85) Io	»	Peters	3.16	2.15	821. 4	4.33	0.119	322. 7	203. 8	11. 9	2.654

Digitized by Google

Numero e nome	Anno della scop.	Scopritore	Distanza dal sole mass.	Distanza dal sole min.	Movimento diurno	Rivoluzione	Eccentricità	Longit. del perielio	Long. del nodo	Inclinazione	Semiasse dell'orbita
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
(86) Semele . .	1866	Tietjen	3.76	2 46	648."8	5 49	0.216	29.°5	87. 8	4.°8	3.107
(87 Silvia . . .	»	Poyson	3.76	3.21	545. 8	6.50	0 079	333. 5	76. 0	10. 9	3.482
(88) Thisbe . . .	»	Peters	3.41	2 32	770. 3	4 61	0.163	309. 3	277. 6	5. 2	2.767
(89) Giulia . . .	»	Stephan	3.01	2 09	870. 8	4.08	0.181	353. 4	311. 7	16. 2	2 551
(90) Antiope . .	»	Luther	3.68	2 61	636. 5	5.58	0 168	301. 3	71. 4	2. 3	3.142
(91) Egina . . .	»	Stephan	2.87	2 31	851 6	4.17	0.109	51. 8	10 9	2 1	2.589
(92) Undina . .	18 7	Peters	3.51	2.86	622. 4	5.69	0.102	329. 2	102. 9	9. 9	3.185
(93) Minerva . .	»	Watson	3.14	2.37	775 6	4.57	0.141	274. 7	5. 2	8. 6	2 754
(94) Aurora . .	»	»	3.44	2.89	631. 6	5 63	0.083	48. 8	4. 2	8. 1	3 160
(95) Aretusa . .	»	Luther	3.52	2.63	619. 2	5.40	0.144	33. 0	244. 3	12. 9	3.076
(96) Egle. . . .	1868	Coggia	3.48	2.62	666. 2	5 33	0.140	163. 2	322. 8	16. 1	3 050
(97) Cloto . . .	»	Tempel	3.36	1.98	812 6	4 36	0.258	65. 3	160. 7	11. 8	2 668
(98) Iante . . .	»	Peters	3.20	2 18	805. 4	4.41	0.189	148. 6	3°4. 1	15 5	2.689
(99) Dice. . . .	»	Borrelly	3.46	2.13	758. 7	4.68	0.238	240. 6	41. 7	13. 9	2.797
(100) Ecate . . .	»	Watson	3.60	2 58	652. 1	5.44	0 164	307. 7	128. 2	6. 4	3 090
(101) Elena . . .	»	»	2.94	2 23	854. 5	4.16	0.139	337. 8	343. 7	10. 2	2 585
(102) Miriam . .	»	Peters	3.47	1.86	816. 7	4.35	0 204	354. 8	211. 7	5. 1	2 662
(103 Era	»	Watson	2.92	2.48	799. 1	4.44	0.080	321. 0	136. 2	5. 4	2.701
(104) Climene . .	»	»	3.71	2.61	632. 8	5 59	0.171	59. 3	43. 6	2. 9	3.156
(105) Artemide .	»	»	2 79	1 96	971. 1	3.06	0.175	242. 8	188. 0	21. 5	2.374
(106 Dione . . .	»	»	3.73	2.59	631. 3	5.62	0.181	27. 1	63. 4	4. 6	3.159
(107) Camilla . .	»	Pogson	3.75	3.22	546. 4	6.72	0.076	115. 8	176. 3	9. 9	3 485
(108) Ecuba . .	1869	Luther	3.54	2.88	616. 4	5.76	0.101	173. 5	352. 4	4. 4	3 211
(109) Felicitas .	»	Peters	3.50	1.89	805. 1	4.43	0.300	55. 9	4. 9	8. 0	2.695
(110) Lidia . . .	1870	Borrelly	2.94	2.52	785. 1	4.52	0.077	337. 2	57. 1	6 0	2.733
(111) Ate	»	Peters	2.86	2.32	849. 9	4.18	0.105	108. 8	306. 4	4. 9	2 593
(112) Ifigenia . .	»	»	2.74	2.12	934. 4	3.80	0.128	337. 9	324. 0	2. 6	2.433
(113) Amaltea .	1871	Luther	2 58	2.17	968 2	3.66	0.0 7	200. 1	123. 1	5. 0	2 376
(114) Cassandra.	»	Peters	3.05	2 30	810. 6	4.38	0.140	153. 1	164. 4	4. 9	2 676
(115) Tira. . . .	»	Watson	2.84	1 92	966. 0	3.67	0.194	43. 0	309. 1	11. 6	2.379
(116) Sirona . .	»	Peters	3 16	2.37	711. 4	4.60	0.143	152. 7	64. 5	3. 6	2 767
(117) Lomia . . .	»	Borrelly	3 06	2.92	686. 0	5.18	0.023	48. 8	349. 6	15. 0	2.991
(118) Pito	1872	Luther	2.83	2.05	931. 7	3.81	0.161	77. 5	47. 5	7. 8	2.438
(119) Altea . . .	»	Watson	2.79	2.36	855. 2	4.15	0.081	12. 2	203. 9	5. 8	2.582
(120) Lachesi . .	»	Borrelly	3.27	2 97	641 8	5.52	0.047	220. 2	342. 7	7. 0	3.121
(121) Ermione .	»	Watson	3.88	3.03	551. 6	6.43	0.126	358. 6	76. 8	7. 6	3.458
(122 Gerda. . .	»	Peters	3 33	3.09	615. 6	5.76	0.040	204. 5	178. 7	1. 6	3.214
(123) Brunilde .	»	»	3.00	2.38	801. 8	4.43	0.122	70. 0	308. 5	6. 4	2.695
(124) Alceste . .	»	»	2.84	2.42	832. 0	4.27	0.078	244. 8	183. 4	2. 9	2.630
(125) Liberatrice	»	Prosp. Henry	2.96	2.53	780. 7	4.55	0.073	272. 9	169. 5	4. 6	2.743
(126) Velleda . .	»	Paolo Henry	2.70	2 18	931. 0	3.81	0.105	347. 8	23. 1	2. 9	2.440
(127) Giovanna .	»	Prosp. Henry	2.92	2.59	775. 3	4.58	0.068	120. 0	31. 8	8. 3	2.757
(128) Nemesi . .	»	Watson	3.10	2.40	717. 5	4 57	0.128	16. 8	76. 5	6. 3	2.751
(129) Antigone .	1873	Peters	3.47	2 28	277. 2	4.88	0.208	241. 8	137. 9	12. 2	2.877
(130) Elettra . .	»	»	3.77	2.47	642. 9	5.52	0.207	20. 5	146. 0	22. 9	3.123
(131) Vala. . . .	»	»	2.02	2 22	942. 3	3.77	0.081	257. 9	65. 3	4. 6	2.420
(132) Etra. . . .	»	Watson	3.59	1.61	846. 4	4.20	0.383	152. 6	259. 7	24. 9	2.600
(133) Cirene . . .	»	»	3 48	2.64	663. 6	5.36	0.139	247. 2	321. 1	7. 2	3.058
(134) Sofrosine .	»	Luther	2.87	2.27	864. 6	4.12	0.117	17. 5	346. 4	11. 6	2.563
(135) Erta. . . .	1874	Peters	2.93	1.93	938. 1	3.78	0.205	319. 9	344. 0	2. 3	2.427
(136) Austria . .	»	Palisa	2.48	2.09	1026. 4	3.46	0.085	316. 1	186. 1	9 6	2 287
(137) Melibea . .	»	»	3.78	2.48	641. 9	5.52	0.207	308. 0	204. 4	13. 4	3.127
(138) Tolosa. . .	»	Perrotin	2.83	2.06	926. 0	3.83	0.162	311. 4	54. 8	3. 2	2.414
(139) Jueva . . .	»	Watson	2.93	2.64	765. 8	4.64	0.177	164. 6	2. 4	11. 0	2.781
(140) Siva. . . .	»	Palisa	2.89	2.11	786. 1	4.52	0.216	300. 3	107. 1	3. 2	2.731

Digitized by Google

Numero e nome	Anno della scop.	Scopritore	Distanza dal sole mass.	Distanza dal sole min.	Movimento diurno	Rivoluzione	Eccentricità	Longit. del perielio	Long. del nodo	Inclinazione	Semiasse dell'orbita
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
(141) Lumen . .	1875	Paolo Henry	3.27	2.06	814."5	4.36	0.214	13.°9	319 °1	12.°0	2.667
(142 Polana . .	»	Palisa	2,67	2.17	942. 9	3.76	0.132	219. 9	292. 3	2 2	2 419
(143) Adria . . .	»	»	2.94	2 58	773. 0	4.59	0.073	222. 5	333. 7	11. 5	2.762
(144) Vibilia . .	»	Peters	3.27	2.03	821. 3	4.32	0.234	7. 2	76 8	4 8	2.653
(45) Adeona . .	»	»	3.24	2 09	815. 4	4 35	0 127	118. 5	77. 7	12. 3	2 665
(146) Lucina . .	»	Borrelly	2.90	2 54	789. 9	4.49	0.070	216. 1	84. 2	13. 2	2.722
(147) Protogenea	»	Schulhof	3.23	3.04	638. 7	5.55	0.026	26. 0	251. 2	1. 9	3 137
(148) Gallia . . .	»	Prosp. Henry	3.28	2.26	769. 5	4.61	0.185	36. 1	145 2	25. 4	2.770
(149) Medusa . .	»	Perrotin	2.30	1.88	1139. 2	3.12	0 119	246. 7	160. 1	1. 1	2 133
(150) Ruva . . .	»	Watson	3.38	2.59	689. 3	5.15	0.130	357. 1	207. 6	2. 1	2.981
(151) Abundantia	»	Palisa	2.85	2.34	850. 7	4.17	0.035	167. 4	38. 9	6. 5	2 591
(152) Atala . . .	»	Paolo Henry	2.30	2.87	639. 0	5.55	0.087	84. 9	41. 6	12. 2	3 136
(153) Hilda . . .	»	Palisa	4.60	3.31	451. 6	7.86	0.173	235. 8	228. 9	7. 9	3.952
(154) Berta . . .	»	Prosp. Henry	3.52	2.89	622. 4	5.09	0.084	184. 4	37. 7	21. 0	3 192
(155) Scilla . . .	»	Palisa	3.66	2,16	713. 8	4.97	0 256	82. 0	42. 9	14 1	2 912
(156) Santippe .	»	»	3 84	2.24	670. 2	5.30	0.264	156. 0	245. 2	7. 5	3.637
(157) Dejanira .	»	Borrelly	3.16	2.02	854. 8	4.15	0.21	107. 4	62. 5	12 0	2.583
(158) Coronide .	1876	Knorre	3.01	2.72	730. 6	4.86	0 052	58. 0	281. 2	1. 0	2.868
(159) Emil.a. . .	»	Paolo Henry	3.47	2.74	647. 7	5 48	0.109	101. 3	135. 2	6. 1	3.107
(160) Una	»	Peters	2.89	2.56	787. 2	4.50	0.062	56. 0	9. 4	3. 9	2.729
(161) Athor . . .	»	Watson	2.69	2.06	970. 0	3 66	0.137	313. 3	18. 6	9. 2	2 374
(162) Laurentia .	»	Prosp. Henry	3.51	2.52	678. 1	5 28	0.174	145. 8	38. 2	6. 2	3 029
(163) Erigone . .	»	Perrotin	2.71	2.00	981. 1	3.62	0.157	93. 8	159. 1	4. 7	2 357
(164) Eva	»	Paolo Henry	3.45	1.81	829. 7	4 27	0.347	359. 6	77. 5	24. 4	2.634
(165) Loreley . .	»	Peters	3.36	2.90	612. 1	5 52	0.076	277. 0	304. 1	11. 2	3.126
(16) Rodope . .	»	»	3.34	2.04	803. 0	4.42	0.210	30. 9	129. 6	12. 0	2.692
(167) Urda . . .	»	»	4.22	2 22	614. 5	5.78	0 312	32. 7	170. 1	1. 7	3.218
(168) Sibilla . .	»	Watson	3.60	3.15	571. 9	6.21	0.071	11. 4	209. 8	4. 5	3.377
(169) Zelia. . . .	»	Prosp. Henry	2.67	2.05	978. 5	3.62	0 132	326. 9	354. 6	5. 5	2.360
(170) Maria . . .	1877	Perrotin	2.72	2.38	868. 8	4 09	0.070	95. 8	301. 3	14. 4	0.555
(171) Ofelia . . .	»	Borrelly	3.52	2.76	635. 5	5.58	0.118	143. 6	101. 2	2. 6	3 147
(172) Bauci . . .	»	»	2.65	2.11	966. 4	3.67	0.113	328. 6	331. 9	10. 0	2.380
(173) Ino.	»	»	3.30	2.09	780. 6	4.55	0.203	13. 4	143. 6	14. 2	2.743
(174) Fedra . . .	»	Watson	3.30	2.43	732. 9	4.84	0.152	253. 4	323. 9	12. 2	2.861
(175) Andromaca	»	»	4.72	2 28	541. 0	6.56	0.348	293. 2	23. 6	3. 8	3.504
(176) Idunna . .	»	Peters	3.71	2.67	622. 6	5.09	0.164	20. 8	201. 2	22. 5	3.190
(177 Irma . . .	»	Paolo Henry	3.40	2.12	774. 7	4.58	0.232	25. 2	349. 0	1. 4	2.758
(178) Belisana .	»	Palisa	2.60	2.32	920. 1	3.95	0.058	268. 2	50. 7	1. 9	2.459
(179) Clitennestra	»	Watson	3.30	2.65	692. 2	5.12	0.108	354. 9	213. 3	7. 8	2.973
(180) Garonna. .	1878	Perrotin	3.19	2.26	787. 4	4.51	0.171	126. 6	315. 0	0. 9	2.728
(181) Eucari. . .	»	Cottenot	3.81	2.43	644. 4	5.51	0.220	65. 6	114. 8	18. 6	3.118
(182) Elsa	»	Palisa	3.87	1.97	944. 0	3.75	0.186	54. 6	106. 5	2. 0	2.417
(183) Istria . . .	»	»	3.79	1.81	756. 4	4.70	0.353	45. 0	142. 8	26. 5	2.802
(184) Deiopea . .	»	»	3.42	2.96	623. 3	5.68	0.073	169. 3	336. 3	1. 2	3 188
(185) Eunice. . .	»	Peters	3.09	2.39	783. 1	4.53	0.127	15. 8	153. 8	23. 3	2.738
(186) Celuta. . .	»	Paolo Henry	2.72	2 00	977. 1	3.63	0 152	327. 1	14. 6	13. 2	2 362
(187) Lamberta .	»	Coggia	3.38	2 15	782. 4	4.53	0 235	213. 6	22. 3	10. 7	2.740
(188) M nippe. .	»	Peters	3 43	2 21	748. 8	4.74	0.217	309. 7	241. 8	11. 4	2.821
(189) Ftia	»	»	2 51	2.36	925. 5	3.83	0.035	8. 5	203. 4	5. 2	2.450
(190) Ismene . . .	»	»	4.57	3 30	454. 1	7.81	0.161	105. 3	177. 0	6. 1	3.939
(191) Colga . . .	»	»	3.12	2.65	722. 5	4.91	0.082	16. 4	159. 9	11 5	2.890
(192) Nausicaa .	1879	Palisa	2.99	1.81	952. 6	3.73	0.245	10. 4	313. 3	6. 9	2.403
(193) Ambrosia.	»	Coggia	3 31	1.84	858. 9	4.13	0.285	70. 9	351. 2	11. 6	2.576
(194) Progne . . .	»	Peters	3.24	2.00	835. 9	4.24	0.237	319. 7	150. 4	18. 4	2 619
(195) Euriclea .	»	Palisa	3.14	2.61	728. 9	4.87	0.092	106. 8	8. 4	7. 3	2.872

Digitized by Google

Numero e nome	Anno della scop.	Scopritore	Distanza dal sole mass.	Distanza dal sole min.	Movimento diurno	Rivoluzione	Eccentricità	Longit. del perielio	Long. del nodo	Inclinazione	Semiasse dell'orbita
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
(196) Filomela .	1879	Peters	3.10	3.07	653."8	5.43	0 005	352.°3	73 °5	7.°3	3.088
(197) Arete . . .	»	Palisa	3 19	2.29	781. 0	4.51	0.165	324. 8	82. 1	8. 8	2.743
(198) Ampella .	»	Borrely	3.01	1 90	922. 9	3.84	0.225	354. 8	238. 8	9. 3	2.454
(199) Pibli . . .	»	Peters	3.73	2.09	618. 2	5.73	0.162	260. 8	90. 4	15. 3	3.206
(200) Dinamene.	»	»	3.10	2.37	783. 3	4.53	0.134	46. 6	325. 4	6. 9	2.738
(201) Penelope .	»	Palisa	3.16	2.19	809. 9	4.38	0 182	334. 6	157. 1	5. 7	2.677
(202) Criseide. .	»	Peters	3.33	2.79	655. 0	5.42	0. 97	127. 7	137. 8	8. 8	3.034
(203) Pompea. .	»	»	2.90	2.57	732. 8	4.53	0 030	43. 4	343. 6	3 2	2.738
(204) Calisto . .	»	Palisa	3.16	2.20	812 0	4.37	0.175	257. 5	205. 7	8. 3	2. 73
(205).	»	»	2.87	2.63	765. 6	4.63	0.035	17. 2	212 2	10. 7	2.777
(206) Ersilia . .	»	Peters	. . .	. . .	. . . . .	. . .	. . .	. . . .	. . . .	. . :	. . .
(207).	»	Palisa	2.35	2.22	1027. 4	3.45	0 031	217. 7	23. 9	3. 8	2.286
(208).	»	»	3.01	2.73	729. 1	4.87	0.051	231. 2	7. 8	2. 0	2 872
(209) Didone . .	»	Peters	3.36	2.93	637. 1	5.56	0.067	259. 3	2. 0	7. 2	3 142
(210).	»	Palisa	3.12	2.37	780. 0	4.55	0.136	55. 7	32. 8	5. 2	2.745
(211).	»	»	3.51	2.53	667. 3	5.32	0 151	74. 2	265. 5	3. 8	3.047
(212).	1880	»	3 41	2 82	644. 9	5 50	0.095	62. 4	315. 0	4. 2	3 116
(213) Lilea . . .	»	Peters	3.11	2.35	778. 1	4.56	0 143	231. 3	122. 4	6. 8	2.7 0
(214).	»	Palisa	2.69	2.33	811. 0	4.42	0.031	113. 3	342. 5	3. 4	2 611
(215) Enone. . .	»	Knorre	2 87	2.67	770. 2	4.61	0.035	335. 7	25. 4	1. 7	2.769
(216).	»	Palisa	3.49	2.10	758. 8	4 68	0.249	32. 1	215. 8	13. 0	2.797
(217) Eudora . .	»	Coggia	4.09	2 01	695. 8	5.34	0.311	307. 2	154. 1	11. 1	3.051
(218).	»	Palisa	2.95	2 38	817. 3	4 34	0.107	228. 7	141 0	15. 1	2.651
(219).	»	»	2.93	1 83	965. 4	3.67	0 229	339. 0	201. 8	11. 1	2.382
(220).	1881	»	3.11	1.70	952. 9	3.72	0.293	322. 6	260. 6	6. 8	2.402
(221).	1882	»	3.48	2.52	6 2. 3	5.20	0.142	330. 9	112. 8	14. 7	3 002
(222).	»	»	3.54	2 60	645. 3	5.59	0.133	230. 3	80. 5	2. 2	3 115
(223).	»	»	3.54	2.63	650. 2	5.46	0.111	101. 2	59. 3	1. 9	3.100
(224).	»	»	2.73	2 55	826. 2	4 29	0.035	272. 6	353. 5	5. 9	2.642
(225).	»	»	4.19	2.53	576. 6	6.15	0 218	301. 7	200. 6	20. 9	3 358
(226).	»	»	3 27	2.17	792. 4	4.48	0.203	235. 2	135. 4	11. 7	2.717
(227) Filosofia .	»	Paul Henry	3.97	2.38	626. 1	5.67	0.248	223. 7	330. 7	9. 7	3.179
(228).	»	Palisa	2.74	1.67	1084. 5	3.27	0.241	330. 5	313 3	2. 5	2.501
(229	»	»	3.94	2.80	567 9	6.25	0 160	327. 7	30. 9	2. 2	3.392
(230) Atamante.	»	De Ball	2 53	2.24	963. 8	3.68	0.061	17. 5	239. 6	9. 5	2.384
(231).	»	Palisa	3.51	2.33	701. 3	5.06	0.191	252. 0	352. 9	5. 3	2.947
(232) Russia . .	1883	»	3.00	2.10	870. 2	4.03	0 176	200. 4	152. 5	6. 1	2.552
(233	»	Borelly	A tutto giugno 1883 ancora gli elementi non ne erano stati determinati.								

PROSPETTO XVII.

ELEMENTI DEI SATELLITI DI MARTE

Nomi	Rivoluzione siderea	Medio movimento diurno	Semiasse in raggi di Marte	dell'orbita in chilom.	Eccentricità dell'orbita	Longitud. del nodo	Longitud. del perielio	Inclinaz.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Fobos	0.d 3189	1128.°79	2.771	9380	0.0321	82.°58'	87.11	26.°17
Deimos	1. 2624	285. 16	6.921	2340	0 0057	85. 84	33.32	25. 47

Digitized by Google

PROSPETTO XVII.

ELEMENTI DEI SATELLITI DI GIOVE

Numeri	Rivoluzione siderea in giorni	Rivoluzione sinodica medi	Medio movimento diurno	Semiasse in ragni di Giove	dell'orbita in chilom.	Eccentricità dell'orbita	Longitudine del nodo	Longitudine del perielio	Inclinazione	Diametro in chilom.	Massa essendo=1 quella di Giove
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10	11.	12.
I.	1.s·769138	1.769860	203.°489	5.933	420,000	0.0	335.°45′	—	2.° 8′	4070	0.00001688
II.	3. 551181	3.554094	101. 375	9.439	669,000	0.0	336. 55	—	1. 39	3430	0.00002323
III.	7. 154553	7.166387	50. 318	15.057	1,067,000	0.00132	341. 30	216.°49	2. 0	5790	0.00008844
IV.	16. 689018	21 571109	21. 571	26.486	1,877,000	0.00724	344. 57	187. 38	1. 57	4830	0.00004217

PROSPETTO XIX

ELEMENTI DEI SATELLITI DI SATURNO

Nomi	Rivoluzione siderea	Medio movim. diurno	Semiasse dell'orbita in diam. del pianeta	in chilom.	Eccentricità dell'orbita	Longitudine del nodo	Longitudine del perielio	Inclinazione
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Minante	0.s·94242	381.°953	3.11	186,000	?	?	?	?
Encelado	1. 37022	262. 721	3.99	238,000	?	?	?	?
Teti	1. 88780	190. 698	4.93	294,000	0.0109	167.°37′	109.° 7′	28.°10′
Dione	2. 73692	131. 535	6.35	379,000	0.0 31	167. 37	145. 4	28. 10
Rea	4. 51749	79. 690	8.82	526,000	0.0 08	167. 20	185. 0	28. 8
Titano	15. 94540	22. 577	20.49	1,222,000	0.0279	167. 59	257. 7	27. 37
Iperione	21. 3113	16. 914	24.81	1,480,000	0.125	167. 52	164. 58	28. 10
Giapeto	79. 3294	4. 588	59.64	3.558,000	0.0284	143. 1	349. 20	18. 38

PROSPETTO XX.

ELEMENTI DEI SATELLITI DI URANO

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Ariele	2 s·52038	142.°836	7.72	194,000	0.020	167.°20′	3.°45′	97.°58
Umbriele	4. 14418	86. 869	10.76	271,000	0.010	164. 6	322. 39	98. 21
Titania	8. 70590	41. 351	17.65	444,000	0.0011	165. 32	259. 5	97. 47
Oberon	13. 46327	26. 739	23.60	593,000	0.0038	165. 17	315. 3	97. 54

PROSPETTO XXI.

ELEMENTI DEL SATELLITE DI NETTUNO

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
.....	5,s·3769	61.°2568	14.54	454,000	0.0083	184.° 30	8.°30′	145.° 7

Digitized by Google

PROSPETTO XXI bis

ELEMENTI DELLA LUNA

(Dal NEISON, *The Moon*, London, 1876, p. 567).

Rivoluzione sinodica	29g.530589 29g.12ore44m.2.63
Rivoluzione siderea	27g.321661 27g.7ore43m.11s.54
Rivoluzione tropica	27g.321582 27g.7ore43m.4s.68
Rivoluzione anomalistica	27g.55460 27g.13ore10m.37s.44
Distanza media	raggi equator. terr. 60.27035 chilometri 384362
» massima »	405503
» minima »	356647
Diametro medio	31° 8'.00 chil. 3482
Massa (Terra = 1)	0.01228 1/81.40
Rivoluzione media del perigeo	3232g.57 8anni8505
Avanzamento annuo » »	40°40'31".1
Rivoluzione media del nodo	6793g.391 18anno5997
Retroces. annua media del nodo	19°21'18".3
Mass. librazione geoc. in longit.	7°53'51"
» » » » latit.	6°50'45"
» » parallattica	1° 1'35"
» » totale	11°25'22"
Superficie lunare costant. visibile	0.41
» visibile in un tempo o nell'altro	0 59
Superficie lunare (Terra = 1)	0.0745 1/13.43
Volume (Terra = 1)	0.0203 1/49.2
Densità (Terra = 1) (Acqua = 1)	0.6042 3.444
Azione della gravità alla sup. (Ess. sulla Terra = 1)	0.1649 1/6.065
Eccentric. dell'orbita (media)	0,0549081
Inclinaz. dell'orbita (media)	5° 8'40"
» dell'asse sull'eclittica	88°27'51'
» dell'equatore »	1°32'9"
Medio movim. in longit. in un giorno medio	13'10'35"
Angolo sotteso da un grado lunare, al centro del disco della luna, alla distanza media	16"566
Equazione del centro (massima)	6°17'19".06
Evezione	1°16'27" 01
Variazione	39'30".70
Equazione annua	11'9'.0
» parallattica	2'4".70

Digitized by Google

ELEMENTI DELLE COMETE PERIODICHE DELLE QUALI VENNERO OSSERVATI I RITORNI

Nome	Passaggio al perielio (Tempo di Parigi)	Longitudine del perielio	Longitudine del nodo ascendente	Inclinazione	Semiasse dell'orbita	Eccentricità	Minima distanza dal sole	Massima distanza dal sole	Rivoluzione siderea in anni giuliani	Direzione del moto	Calcolatore
Encke	1878. Maggio 20. 10 or.	158° 20′	334° 39′	13° 7	2.214	0.849	0 333	4.09	3.287	D.	V. Asten.
Tempel (1873)	1878. Settembre 7. 6	306 8	121 1	12 46	3 002	0.554	1 340	4 66	5.200	D.	Schulhof.
Brorsen	1879. Marzo 30. 2	116 15	101 19	29 23	3 101	0.810	0.590	5.61	5.462	D	Schulze.
Winnecke	1880. Dicembre 4. 8	276 43	111 31	11 17	3 202	0.741	0.831	5.57	5.730	D.	Oppolzer
Tempel (1867)	1879. Maggio 7. 0	238 11	78 46	9 47	3 295	0.463	1.769	4 82	5.982	D.	Gautier.
Tempel (1869) (Swift)	1880. Novembre 8. 0	43 0	296 42	5 31	3.299	0.676	0.739	5.53	5.994	D.	Upton.
D' Arrest	1877. Maggio 10. 8	319 9	146 9	15 43	3.541	0.628	1.318	5.76	6 644	D.	Villarceau e Leveau.
Biela (settentr.)	1852. Settembre 23. 17	109 5	245 50	12 33	3 526	0.755	0.860	6.17	6.587	D.	D'Arrest.
Biela meridion.)	1852. Settembre 22 23	108 58	245 58	12 34	3 535	0.755	0.861	6 20	6 629	D.	»
Faye	1881. Gennaio 22 16	50 49	209 35	11 20	3.854	0.549	1.738	5.97	7 566	D.	Möller.
Tuttle	1871. Novembre 30. 22	116 5	269 17	54 17	5 757	0.821	1 030	10 48	13 811	D.	Tischler.
Halley	1835. Novembre 15. 0	304 32	55 10	17 45	17.99	0.967	0.589	35.41	76 37	R.	Pontécoulant.

ELEMENTI DELLE COMETE PIÙ GRANDI E MARAVIGLIOSE

Designazione	Scopritore	Passaggio al perielio (Tempo di Parigi)	Longitudine del perielio	Longitudine del nodo	Inclinazione	Distanza minima del sole	Eccentricità	Rivoluzione (anni)	Direz. del moto	Visibilità (settim.)	Calcolatori
1618 II	Diversi	Novembre 8. 9 or.	0° 5′	75° 44′	37° 12′	0.3896	1	—	D.	7	Bessel.[1]
1680	A Coburgo	Dicembre 18. 0	262 49	272 9	60 40	0.0062	1	—	D	18	Encke.
1744	Klinkenberg	Marzo 1. 8	197 12	45 46	47 11	0.2222	1	—	D.	16?	Euler.
1770 I	Messier	Agosto 14. 1	356 16	132 0	1 35	0 6743	(0.7863)	5 1/2	D.	15	Leverrier.[2]
1807	Parisi	Settembre 18. 18	270 55	266 47	63 10	0.6462	0 9955	c.a 1700	D.	28	Bessel.
1811 I	Flaugergues	Settembre 12. 7	75 1	140 25	73 2	1.0354	0.9951	c.a 3000	R.	73	Argelander.
1819 II	Tralles	Giugno 27. 17	287 5	273 44	80 46	0 3410	1	—	D.	16	Brinkley.[3]
1823	Nella Svizzera	Dicembre 9. 11	274 33	303 4	76 12	1.2267	1	—	R.	13	Nicolai.[4]
1825 IV	Pons	Dicembre 10. 17	318 47	215 43	33 33	1.2408	0.9954?	?	R.	52	Hansen.[5]
1840 IV	Bremiker	Novembre 13. 16	22 32	248 56	57 57	0.4808	0.9698	c.a 350	D.	16	Götze.[6]
1843 I	Diversi	Febbraio 27. 9	278 39	1 12	35 41	0 0055	0.9999?	?	R.	7	Hubbard
1845 III	De Vico	Giugno 5. 16	262 3	337 49	48 42	0.4016	0.9899	250	R.	9	D'Arrest.[7]
1858 VI	Donati	Settembre 29. 23	36 13	165 19	63 1	0.5784	0.9962	c.a 1900	R.	32	V. Asten.
1860 III	Diversi	Giugno 16. 2	161 32	84 40	79 18	0.2929	1?	?	D.	8	Moesta.[8]
1861 I	Thatcher	Giugno 3. 8	243 22	29 55	79 45	0.9207	0.9835	420?	D.	8	Oppolzer.[9]
1861 II	Tebbutt	Giugno 11. 12	249 4	278 58	85 26	0.8223	0.9853	c.a 420	D.	52	Seeling
1862 III	Swift	Agosto 22. 22	344 41	137 26	66 25	0.9626	0.9613	121 1/2	R.	13	Oppolzer.
1865 I	Moesta	Gennaio 14. 7	141 15	253 3	87 32	0 0260	1	—	R.	10	Tebbutt.[10]
1867 I	Coggia	Gennaio 19. 20	75 52	78 35	18 13	1.5725	0.8490?	33 1/2?	D.	10	Searle.[11]
1874 III	Coggia	Luglio 8. 20	271 7	118 45	66 21	0.6758	0 9986	—	D.	26	Geelmuyden.
1880 I	Diversi	Gennaio 27. 11	73 31	355 54	36 58	0.0060	?	?	R.	2	Meyer
1881 III	Tebbutt	Giugno 16 11	265 13	270 58	63 26	0.7345	0.9964	c.a 3000	D.	?	Dunér e Engström.
1881 IV	Schaeberle	Agosto 22. 6	219 13	97 7	39 44	0.6337	1	—	R.	?	Abetti.

[1] Nucleo splendido; coda, sec. Longomontano lunga oltre 100°. — [2] È la celebre cometa del Lexell. — [3] Testa lucente; coda lunga 7°. — [4] Mostrò per breve tempo una coda rivolta al sole. — [5] Forse ellittica con rivoluzione di 1000 anni; coda 10-15°. — [6] Verosimilmente ellittica. — [7] Elissi non peranco accertata. — [8] Sec. il Liais ha orbita ellittica con 1100 anni per rivoluzione; coda 15°. — [9] Ellitticità incerta. — [10] Vista soltanto nell'emisfero merid.; coda 25°. — [11] Sec. l'Oppolzer e il Vogel orbita parabolica.

Digitized by Google

PROSPETTO XXIV.

TAVOLA DIMOSTRANTE IL RAPPORTO FRA L'ALTEZZA DI UN OSSERVATORE DA UN LATO E LA DEPRESSIONE E IL RAGGIO DELL'ORIZZONTE DALL'ALTRO

(Dal DELAUNAY, *Corso elementare di astronomia*, pag. 117).

Elevaz. dell'occhio sul liv. del mare metri	Depressione dell'orizzonte	Distanza in miglia it. da 60° al gr.	Distanza in chilometri
0.00	0°0'0'	0.0	0.0
0.25	0.58	1.0	1.8
0.50	1 22	1.4	2.5
0.75	1.40	1.7	3.1
1.00	1.56	1.9	3.6
1.25	2.09	2.2	4.0
1.50	2.22	2.4	4.4
1.75	2.33	2.5	4.7
2.00	2.43	2.7	5.0
2.50	3. 3	3.0	5.6
3	3.20	3.3	6.2
4	3.51	3.9	7.1
5	4.19	4.3	8.0
6	4.43	4.7	8.7
7	5. 6	5.1	9.4
8	5.27	5.5	10.1
9	5.47	5.8	10.7
10	6. 6	6.1	11.3
12	6.41	6.7	12.4
15	7.28	7.5	13.8
20	8.37	8.6	16.0
25	9.38	9.6	17.8
30	10.33	10.6	19.5
35	11.24	11.4	21.1
40	12 11	12.2	22.6
45	12.55	12.9	23.9
50	13.38	13.6	25.2
60	14.55	14.9	27.6
70	0°16' 7"	16.1	29.9
80	17.14	17.2	31.9
90	18.17	18.3	33.8
100	19.16	19.3	35.7
200	27.15	27.3	50.5
300	33.22	33.4	61.8
400	38.32	38.5	71.4
500	43. 5	43.1	79.8
600	47.12	47.2	87.4
700	50.59	51.0	94.4
800	54.30	54.5	100.9
900	57.48	57.8	107.0
1000	1. 0.56	60.9	112.8
1500	14.37	74.6	138.2
2000	26. 9	86.2	159.6
2500	36.19	96.3	178.4
3000	45.31	105.5	195.4
3500	53.58	114.0	211.0
4000	2. 1.50	121.8	225.6
4500	9.13	129.2	239.3
5000	16.12	136.2	252.2
5500	22.51	142.8	264.5
6000	29.11	149.2	276.3
6500	35.17	155.3	287.5
7000	41. 8	161.1	298.4
8000	52.15	172.2	319.0
9000	3. 2.41	182.7	338.3
10000	10.33	190.6	352.9

Avvertenza. — La tavola precedente dà il raggio di orizzonte calcolato geometricamente e senza tener conto della rifrazione che lo allarga di una quantità non trascurabile. Se si vuole conoscere veramente a quanto si estenda la visibilità *reale* di un orizzonte ad una data altezza, bisogna moltiplicare il numero che rappresenta geometricamente il raggio d'orizzonte per il coefficiente 1.074. Per es. il raggio d'orizzonte di una montagna alta 600 m. verrebbe dato dalla tabella in chilom. 87.4. Moltiplicato pel numero 1.074, si avrebbe chil. 93. 8, il che rappresenta il *reale* orizzonte visibile da quella cima.

Si avverta ancora che la tavola precedente è basata sulla supposizione che l'orizzonte circostante al punto d'osservazione sia al livello marino. Siccome nella maggior parte dei casi ciò non si avvera e il suolo circostante al punto d'osservazione presenta esso pure una certa altitudine, giova rammentare che questa agisce *diminuendo* il raggio di visibilità, il quale per una pianura qualsiasi non si ottiene dall'*altezza assoluta*, ma dall'*altezza relativa* del punto di osservazione. Per es. si vuol conoscere la lunghezza del raggio di visibilità (geometrica) del M. Venda (604 m.) in direzione di Verona, dove supponiamo alta la pianura 74 m. In tal caso noi cercheremo il raggio che corrisponde ad un'altezza di 604—74=530 m., il che risulterà di circa chilom. 82.1, invece di 87.4, ch'è il raggio di visibilità verso il mare.

Se però dalla pianura si alza un oggetto sporgente, per esso il raggio di visibilità si aumenta in rapporto della sua altezza, e quindi può apparire ben al di là del limite di orizzonte del punto di osservazione, come mostra ancora il **Prospetto XXV.**

Nella *Tavola* presente e in quella che segue, si offre il raggio di orizzonte oltre che in chilom. anche in miglia italiane o marine, perchè quest'ultima unità di misura è ancora adottata generalmente dai marinai.

Digitized by Google

TAVOLA DELLE DISTANZE

alle quali possono essere veduti gli oggetti in mare, in ragione dell'altezza loro e dell'altezza dell'occhio dell'osservatore sul livello del mare.

(Dall'*Elenco dei Fari e Fanali sulle coste del Mare Mediterraneo, Mar Nero e Mare d'Azof*, 1883, Publ. dall'Uff. idrogr. della R. Marina, Milano, Hoepli, pag. 178).

Altezza dell' oggetto	Altezza dell'occhio dell'osservatore															
	3 metri		6 metri		9 metri		12 metri		15 metri		20 metri		25 metri		30 metri	
metri	miglia	chil.	miglia	chil.	miglia	chil.	miglia	chil.	miglia	chil.	miglia	chil.	miglia	chil.	miglia	chil.
10	10.3	19.0	11.8	21.9	12.9	24.1	13.9	25.8	14.7	27.2	16.0	29.7	16.9	31.4	17.9	33.2
15	11.7	21.7	13.3	24.7	14.4	26.7	15.4	28.5	16.2	30.0	17.5	32.4	18.4	34.1	19.5	36.2
20	12.9	23.9	14.6	27.0	15.7	29.1	16.7	31.0	17.5	32.4	18.8	34.9	19.7	36.6	20.7	38.4
25	14.0	26 0	15.7	29.1	16.8	31.2	17.8	33.0	18.6	34.5	19.9	36.9	20.8	38.5	21.8	40.4
30	15.0	27.8	16.7	31.0	17.8	33.0	18.8	34.9	19.6	36.4	20.9	38.7	21.8	40.4	22.8	42.2
35	15.9	29.5	17.6	32.6	18.7	34.7	19.7	36.5	20.5	38.0	21.8	40.4	22.7	42.1	23.7	43.8
40	16.8	31.1	18.4	34.1	19.6	36.4	20.5	38.0	21.4	39.7	22.7	42.1	23.6	43.7	24 6	45.6
45	17.6	32.6	19.2	35.6	20.4	37.9	21.3	39.5	22.2	41.1	23.5	43.5	24.4	45.2	25.4	47.1
50	18 4	34.1	20.0	37 0	21.2	39.3	22.1	41.0	23.0	42.6	24.3	44.9	25.2	46.8	26.2	48.6
55	19.1	35.4	20.7	38.4	21.9	40.6	22.8	42.2	23.7	43.8	25.0	46.4	25.9	48.0	26.9	49.9
60	19.8	36.7	21.4	39.7	22.6	41.9	23.5	43.5	24.4	45.2	25.7	47.7	26.6	49.3	27.6	51.1
65	20.5	38.0	22.1	41.0	23.3	43.2	24.2	44.7	25.1	46.6	26.4	49.0	27.3	50.6	28.3	52.3
70	21.1	39.1	22.7	42.1	23.9	44.3	24 8	46.0	25 7	47.7	27.0	50.1	28.0	51.9	29.0	53.6
75	21.7	40.2	23.3	43.2	24.5	45.4	25.4	47.1	26.3	48.8	27.6	51.2	28.6	53.0	29.6	54.8
80	22.3	41.3	23.9	44.3	25.1	46.6	26.0	48.2	26.9	49.9	28.2	52.2	29.2	54.1	30.2	56.0
85	22.9	42.4	24.5	45.4	25.7	47.7	26.6	49.3	27.5	51.0	28.8	53.3	29.8	55.2	30.8	57.1
90	23.5	43.5	25.0	46.4	26.2	48.6	27 2	50.4	28.0	51 9	29.3	54.3	30.4	56.4	31.4	58.2
95	24.0	44.4	25.5	47.3	26.7	49.5	27.7	51.3	28.5	52.8	29.8	55.2	30.9	57.3	31.9	59.1
100	24.5	45.4	26.0	48.2	27.2	50.4	28.2	52.2	29.0	53.6	30.3	56.2	31.4	58.2	32.4	60.0
125	27.0	50.1	28.5	52.8	29.7	55.0	30.7	56.9	31.5	58.4	32.8	59.8	33.9	62.9	34.9	64.6
150	29.3	54.3	30.8	57.1	32.0	59.3	33.0	61.2	33.8	62.7	35.1	65.0	36.2	67.1	37.2	69 0
175	31.4	58.2	32.9	61.0	34.1	63.2	35.1	65.0	35.9	66.5	37.2	69.0	38.3	71.0	39.3	72.9
200	33.3	61.7	34.8	64.5	36.0	66.7	37.0	68.6	37.8	70.0	39.1	72.5	40.2	74.5	41.1	76.2

Avvertenza. — Non tutti i fari sono abbastanza elevati sul livello del mare per essere veduti dal limite della portata della loro luce da un osservatore che si trovasse sulla coperta di un bastimento. Questa *Tavola* fornisce il mezzo per conoscere a quale altezza sarà necessario di elevarsi sul livello del mare, per vedere ad una distanza data la luce di un faro, la cui altezza sul livello del mare sia nota, nell'ipotesi che la sua intensità luminosa sia abbastanza grande, e non sia offuscata dallo stato dell'atmosfera. — Si può anche, mediante questa *Tavola*, giudicare approssimativamente a qual distanza si sia dal faro al momento in cui sembra emergere dall'orizzonte. Essa poi vale egualmente per qualsiasi altro oggetto che si elevi sul suolo.

Quanto all'uso delle miglia marine, oltre a quello dei chilometri, vedi in fondo all'avvertenza del **Prospetto XXIV.**

Digitized by Google

PROSPETTO XXVI.
(V. nel testo pag. 178).

ALCUNE FRA LE DIMENSIONI DELLO SFEROIDE TERRESTRE DEDOTTE DAGLI ELEMENTI DEL BESSEL

(Dalle Tabelle del prof. H. WAGNER, *Die Dimensionen des Erdsphäroids* ecc. in *Geogr. Jahrb. von* BEHM, III. *Jahrg.* 1870, pag. I e seg.)

1. Latitudini	2. Arco di meridiano compreso fra l'equatore e un parallelo determinato (1)	3. Lunghezza del grado del meridiano ad una determinata latitudine (2)	4. Lunghezza del grado del parallelo ad una determinata latitudine (3)	5. Superficie della zona compresa fra l'equatore e un determinato parallelo	6. Superficie di una zona avente la larghezza di $\frac{1^o}{2}$ a determinate latitudini (4)	7. Superficie del triangolo sferico avente la base di un grado in longitudine (6)	8. Superficie del trapezio sferico di 1° in lat. e in long. a determinata latitudine (2)	1. Latitudini
	metri	metri	metri	chilom. q.	chilom. q.	chilom. q.	chilom. q.	
0°		110565.4	111306.6		2215136	708264.88	12294.91	0°
5	5528.2.4	110582.6	110885.4	22124279	2206111	646808.56	12203.4	5
10	1105748.5	110615.6	109626.6	44084604	2180726	585807.63	12022.42	10
15	1658829.4	110663.9	107537.9	65717971	2139130	525714.96	11750.62	15
20	2212151.6	110726.0	104634.8	86863290	2081568	466977.97	11391.81	20
25	2765783.9	110800.1	100933.2	107362366	2008383	410036.08	10946.96	25
30	3319786.3	110884.0	96474.3	127060922	1920030	355317.57	10419.15	30
35	3387208.0	110975.2	91277.3	145809654	1817059	303238.07	9811.73	35
40	4429084.8	111070.4	85383.6	163465315	1700141	254194.57	9128.69	40
45	4984139.3	111168.1	78837.3	179891848	1570055	208565.32	8374.68	45
50	5540279.5	111264.0	71687.0	194961529	1427701	166705.03	7554.95	50
55	6096598.9	111355.7	63986.3	208556119	1274088	128942.33	6675.40	55
60	6653376.1	111440.3	55793.1	220568005	1110341	95575.98	5742.57	60
65	7210575.8	111515.2	47169.7	230901303	937691	66872.38	4763.54	65
70	7768149.6	111578.2	38181.3	239472889	757469	43062.41	3745.62	70
75	8326037.6	111627.1	28898.4	246213343	571090	24338.63	2697.76	75
80	8884170.3	111660.8	19391.0	251067767	380048	10854.41	1627.578	80
85	9442470.6	111677.7	9733.3	253791048	185889	2719.18	544.816	85
90	10000855.8		0.0	254975357	9796 (5)			90
Fra 0° e 1	110563.8	110563.8						Fra 0° e 1
» 89 e 90		111679.8						» 89 e 90
86						1740.70	978.460	86°
87						979.33	761.372	87
88						435.32	544.146	88
89						108.84	326.484	89
90							108.540	90

(1) S'intende fra 0° e 5°, 0° e 10° ecc. di latitudine. Per es. l'arco di meridiano compreso fra l'equatore e 35° è uguale a m. 3,387,208.0. — (2) S'intende a metà distanza fra 0° e 5°, 5° e 10°, 10° e 15° ecc., cioè alle latitudini medie di 2°30′, 7°30′, 12°30′ ecc. — (3) S'intende alle latitudini di 0°, 5°, 10° ecc. indicate nella 1.ª colonna. — (4) S'intende la superficie di una zona compresa fra il parallelo 0° e il parallelo 0°30′, 5° e 5°30′, 10° e 10°30′ e così di seguito. — (5) S'intende la superficie della calotta sferica circoscritta dal parallelo 89°30′. — (6) S'intende la superficie di un triangolo sferico della base di 1° di longitudine e della altezza di tanti gradi di quanti mancano dal parallelo corrispondente (1.ª colonna) per raggiungere il polo. Per es. il triangolo di 1° in longitudine compreso fra l'equatore ed il polo misura una superficie eguale a 708264.88 chilom. quadr., quello compreso fra il parallelo 5° ed il polo 646808.56 e così di seguito.

Digitized by Google

PROSPETTO XXVII.

TAVOLA CONTENENTE LA VELOCITA' DELLA QUALE SONO DOTATI I VARI PUNTI DELLA SUPERFICIE TERRESTRE IN CAUSA DELLA ROTAZIONE DIURNA

Latitudine	Raggio di rotazione di ciascun parallelo Chilometri	Velocità, presa quella all'equatore per unità	Spazio percorso in un secondo Metri
0'	6377.4	1.000	464
5	6353.2	0.996	462
10	6281.4	0.985	457
15	6161.5	0.966	448
20	5995.4	0.940	436
25	5783.3	0 906	420
30	5527.6	0.866	402
35	5229.8	0.819	380
40	4892.4	0.766	355
45	4517.0	0.707	328
50	4107.3	0.644	299
55	3666.4	0 574	267
60	3196.6	0.501	232
65	2702.6	0.423	197
70	2187.6	0 342	159
75	1655.7	0 259	120
80	1111.0	0.174	81
85	557.7	0.087	40
90	0.0	0.000	0
86	446.3	0.070	32.5
87	334.8	0 0525	24.3
88	223.3	0.0350	16.2
89	111.7	0.0175	8.1
89.30'	55.8	0.00875	4.0

PROSPETTO XXVIII.

TAVOLA CONTENENTE LA OBLIQUITA' DELL'ECLITTICA IN VARIE EPOCHE

Anno	Osservatore	Obliq. dell' eclittica	Anno	Osservatore	Obliq. dell' eclittica
1100 a. Cr.	Cieu-Cong in Cina. . . .	23.°54.'2"	1437 d. Cr.	Ulug-Bey a Samarcanda .	23.°31.'48"
323 » »	Pitea a Marsiglia	23. 49. 20	1655 » »	G. D. Cassini a Bologna .	23. 29. 15
229 » »	Eratostene ad Alessandria .	23. 45. 7	1733 » »	Manfredi » » .	23. 28. 47
50 » »	Lieu Chiang in Cina . . .	23. 45. 39	1800 » »	Delambre e Bessel . . .	23. 27. 55
461 d. »	Jsou-Cong » »	23. 28. 52	1835 » »	Airy a Cambridge . . .	23 27. 39
891 » »	Albategni, geogr. arabo. .	23. 35. 41	1850 » »	Leverrier, corr. da Oppolzer.	23. 27. 31
1000 » »	Ebn Junis al Cairo . . .	23. 34. 26	1870 » »	Vande Sande Bakuijzen a Leida	23. 27. 22

Digitized by Google

PROSPETTO XXIX.

VARIE ROSE DEI VENTI ADOPERATE DALLE PRINCIPALI NAZIONI MARITTIME DEL GLOBO

1. *Denominazioni dei quattro venti principali usati dalle principali nazioni d'Europa*

Inglesi	Tedeschi	Olandesi e Russi	Svedesi, Norv. e Danesi	Francesi	Spagnuoli	Portoghesi
North	Nord, Norden	Nord, Norden	Nord	Nord	Norte (Nord)	Norte (Nord)
East	Ost, Osten	Oost	Ost	Est	Este	Este (Leste)
South	Süd, Süden	Zuiden	Syd	Sud	Sur (Sud)	Sul (Sud)
West	West, Westen	West	West	Ouest	Ueste (Oeste)	Ueste (Oeste)

2. *Divisione del* 1.° *quadrante secondo le varie nazioni ora accennate*

Inglesi	Tedeschi	Olandesi e Russi	Svedesi, Norv. e Danesi
NORTH	NORD	NOORD	NORD
North by East	Nord zu Ost	Noordenten Oosten	Nord til Ost
North North East	Nord-Nord-Ost	Noord Noord Oost	Nord Nord Ost
North East by North	Nord-Ost zu Nord	Noord Oost ten Noorden	Nord Ost til Nord
North East	*Nord-Ost*	*Noord Oost*	*Nord Ost*
North East by East	Nord-Ost zu Ost	Noord Oost ten Oosten	Nord Ost til Ost
East Nord East	Ost-Nord-Ost	Oost-Noord-Oost	Ost Nord Ost
East by North	Ost zu Nord	Oost ten Noorden	Ost til Nord
EAST	OST	OOST	OST

Francesi	Spagnuoli	Portoghesi
NORD	NORTE	NORTE
Nord quart au Nord-Est	Norte cuarto al Nordeste	Norte quarto ao Nordeste
Nord-Nord-Est	Nordnordeste	Nordnordeste
Nord-Est quart au Nord	Nordeste cuarto al Norte	Nordeste quarto ao Norte
Nord Est	*Nordeste*	*Nordeste*
Nord-Est quart à l'Est	Nordeste cuarto al Este	Nordeste quarto ao Este
Est-Nord-Est	Estenordeste	Estenordeste
Est quart de Nord-Est	Este cuarto al Nordeste	Este quarto ao Nordeste
EST	Este	ESTE o LESTE

3. *I rombi della rosa dei venti secondo alcune nazioni marittime*

	Italiani	Greci (1)	Turchi	Arabi
N	TRAMONTANA	O BORRÀS (ὁ Βορρᾶς)	JELDIS	SCIAMAL
N $\frac{1}{4}$ E	Tramont. quarto Greco	Borràs enà pros Mèssin		
NNE	Greco-Tramontana	O Mesoborràs	Jeldis-Porias	
NE $\frac{1}{4}$ N	Greco quarto Tramont.	Mèssis enà pros Borràs		
NE	*Greco*	*O Messis* (ὁ Μέσης)	*Porias*	*Sciamal va Sciarc*
NE $\frac{1}{4}$ E	Greco quarto Levante	Mèssis enà pros Apiliòtis		
ENE	Greco-Levante	O Messapiliòtis	Gûn-dogûsû-Porias	
E $\frac{1}{4}$ N	Levante quarto Greco	Apiliòtis enà pros Mèssin		
E	LEVANTE	O APILIOTIS (ὁ Ἀπηλιώτης)	GÛN-DOGÛSÛ	SCIARC MATLÄ
E $\frac{1}{4}$ S	Levante quarto Scirocco	Apiliòtis enà pros Evron		
ESE	Scirocco-Levante	O Evrapiliotis	Gûn-dogûsû-Ketciçteme	
SE $\frac{1}{4}$ E	Scirocco quarto Levante	Evros enà pros Apiliotis		
SE	*Scirocco*	*O Evros* (ὁ Εὖρος)	*Ketciç eme*	*Ciunûb va Sciarc*
SE $\frac{1}{4}$ S	Scirocco quarto Ostro	Evros enà pros Nòton		
SSE	Ostro-Scirocco	O Evrònotos	Kible-Ketciçteme	
S $\frac{1}{4}$ E	Ostro quarto Scirocco	Nòtos enà pros Evron		

(1) Questa è la rosa dei venti usata nelle scuole e dalle persone di studio. Nella marina greca si fa tuttora uso della rosa italiana.

Digitized by Google

	Italiani	Greci	Turchi	Arabi
S	Ostro	O Nòtos (ὁ Νότος)	Kible	Kibla, Ciunùb
S $\frac{1}{4}$ O	Ostro quarto Libeccio	Nòtos enà pros Libia		
SSO	Ostro-Libeccio	O Libònotos	Kible-Lodos	
SO $\frac{1}{4}$ S	Libeccio quarto Ostro	Libas enà pros Nòton		
SO	*Libeccio*	*O Libas* (ὁ Λίβας)	*Lodos*	*Ciunub va Gharb*
SO $\frac{1}{4}$ O	Libeccio quarto Ponente	Libas enà pros Zéfiron		
OSO	Ponente-Libeccio	O Libozéfiros	Bàti-Lodos	
O $\frac{1}{4}$ S	Ponente quarto Libeccio	Zefiros enà pros Libia		
O	Ponente	O Zéfiros (ὁ Ζέφυρος)	Batì	Gharb, Maghrab
O $\frac{1}{4}$ N	Ponente quarto Maestro	Zéfiros enà pros Schiron		
ONO	Ponente-Maestro	Schironzéfiros	Bàti-Kavayel	
NO $\frac{1}{4}$ O	Maestro quarto Ponente	Schiron enà pros Zefiron		
NO	*Maestro*	*O Schiron* (ὁ Σκίρων)	*Kavryel*	*Ciamal va Gharb*
NO $\frac{1}{4}$ N	Maestro quarto Tramont.	Schiron enà pros Borràn		
NNO	Maestro-Tramontana	Schiroborràs	Jeldis-Kavayel	
N $\frac{1}{4}$ O	Tramont. quarto Maestro	Borràs enà pros Schiron		

Prospetto XXX.

COORDINATE GEOGRAFICHE DI 150 OSSERVATORI ASTRONOMICI

raccolte da A. Auvers (agosto 1882).

(*Geogr. Jahrb.*, IX B., 1882, Gotha, Perthes, 1883, pag. 715)

Osservatori	Differenza con Greenwich in tempo ore	m.	s.	in longitudine °	′	″	Latitudine °	′	″
Abo (Finlandia)	+ 1	29	6.44	22	16	36	+ 60	26	56.8
Adelaide (Australia)	+ 9	14	21.3	138	35	20	— 34	55	33.4
Albany (St. Un.)	— 4	54	59.22	286	15	12	+ 42	39	49.6
Alfred Centre (St. Un.	— 5	11	7.09	282	13	14	+ 42	15	19.4
Algeri	+ 0	12	11.39	3	2	51	+ 36	45	7.9
Alleghany (St. Un.)	— 5	20	2.93	279	59	16	+ 40	27	41.6
Atona	+ 0	39	46.35	9	56	35	+ 53	32	45.3
Almburgo	+ 0	39	53.8	9	58	26	+ 53	33	7
Amherst (St. Un., Massach.)	— 4	50	7.3	287	28	10	+ 42	22	15.6
Annapolis (St. Un., Maryland)	— 5	5	56.43	283	30	57	+ 38	58	53.5
Ann Arbor (St. Un., Michigan)	— 5	34	55.49	276	16	12	+ 42	16	48.0
Annover	— 4	49	8.53	287	42	52	+ 43	42	15.9
Armagh (Irlanda)	— 0	26	35.4	353	21	9	+ 54	21	12.7
Atene	+ 1	34	55	23	43	8	+ 37	58	20
Berlino	+ 0	53	34.01	13	23	44	+ 52	30	16.7
Berna	+ 0	29	45.66	7	26	25	+ 46	57	8.7
Betlemme (1) (St. Un., Pensilv.)	— 5	1	31.90	284	37	2	+ 40	36	23.9
Birr Castle (2) (Irlanda)	— 0	31	40.9	352	4	46	+ 53	5	47
Bologna	+ 0	45	24.9	11	21	14	+ 44	29	47
Bonn	+ 0	28	23.29	7	5	49	+ 50	43	45.0
Both kamp (Holstein)	+ 0	40	31.2	10	7	48	+ 54	12	9.6
Breslavia	+ 1	8	8.9	17	2	14	+ 51	6	56.5
Brusselles	+ 0	17	28.7	4	22	11	+ 50	51	10.7
Cairo	+ 2	5	8.94	31	17	14	+ 30	4	38.2
Cambridge (Inghilt.)	+ 0	0	22.75	0	5	41	+ 52	12	51.6
Cambridge (St. Un.) Massach.)	— 4	44	30.98	288	52	15	+ 42	22	48.4
Capo di B.ª Speranza	+ 1	13	54.4	18	28	36	— 33	56	3.2
Casan	+ 3	16	29.07	49	7	16	+ 55	47	24.2
Charcof (Russia)	+ 2	24	54.7	36	13	40	+ 50	0	10.2
Chief (Kiew, Russia)	+ 2	2	0.77	30	30	11	+ 57	27	12.5
Chicago (St. Un.)	— 5	50	26.78	272	23	18	+ 41	50	1.2
Christiania	+ 0	42	53.8	10	43	28	+ 59	54	43.7
Cincinnati (St. Un.)	— 5	37	41.42	275	34	39	+ 39	8	35.5
Clinton (St. Un., N. York)	— 5	1	37.44	284	35	38	+ 43	3	16.5

(1) O « South Bethlehem » o « Sayre Observatory ». — (2) Osservat. di lord Rosse. — (3) Osserv. di von Bülow.

Digitized by Google

Osservatori	Differenza con Greenwich in tempo ore	m.	s.	in longitudine °	′	″	Latitudine °	′	″
Coimbra	— 0	33	34.4	351	36	28	+ 40	12	25.6
Copenhagen	+ 0	50	18.12	12	34	44	55	41	12.9
Cordoba (Argentina)	— 4	16	48.0	295	48	0	— 31	25	15.4
Cracovia	+ 1	19	50.4	19	57	32	+ 50	3	50.0
Danzica	+ 1	14	39.6	18	39	54	54	21	18.0
Dorpat	+ 1	46	53.5	26	43	23	58	22	47.1
Dublino	— 0	25	21.4	353	39	43	53	23	13
Düsseldorf	+ 0	27	5	6	46.8		51	12	25
Dunecht presso Aberdeen (Scozia)	— 0	9	40	357	35	0	57	9	36
Durham (Inghilt.)	— 0	6	19.7	358	25	4	54	46	6.2
Edimburgo	— 0	12	43.05	356	49	14	55	57	23.2
Filadelfia	— 5	0	38.45	284	50	23	39	57	7.5
Firenze, antico osserv.	+ 0	45	1.9	11	15	28	43	46	4.4
Ginevra	+ 0	24	36.76	6	9	11	46	11	58.8
Genova, osserv della Marina	+ 0	35	41.4	8	55	21	44	25	
Georgetown (St. Un., Washington)	— 5	8	18.29	282	55	26	38	54	26.2
Glascow (Scozia)	— 0	17	10.55	355	42	22	55	52	42.6
Glascow (St. Un., Missuri)	— 6	11	18.9	267	10	16	39	16	16.8
Göttingen	+ 0	39	46.4	9	56	36	51	31	47.9
Gotha	+ 0	42	50.36	10	42	38	50	56	37.5
Greenwich	0	0	0.00	0	0	0	51	28	38.1
Hastings-on-Hudson (St. Un.)	— 4	55	29.7	286	7	34	40	59	25
Haverford (St Un.)	— 5	1	12.75	284	41	49	40	0	36.5
Helsingfors (Russia)	+ 1	39	49.44	24	57	17	60	9	42.6
Hereny (Ungheria)	+ 1	6	24.7	16	36	10	47	16	37.0
Hudson (St. Un.)	— 5	25	44.45	278	33	58	41	14	42.6
Kalocsa (Ungh.)	+ 1	15	55.7	18	58	55	46	31	41
Kew (Inghilt.)	— 0	1	15.4	359	41	13	51	28	6
Kiel	+ 0	40	35.77	10	8	57	54	20	28.6
Königsberg	+ 1	21	59.4	20	29	47	54	42	50.6
Kremsmünster	+ 0	56	32.6	14	8	10	48	3	23.4
Leida	+ 0	17	56.35	4	29	5	52	9	20.2
Leyton (Inghilt., Essex)	— 0	0	0.9	359	59	47	51	34	34
Lione	+ 0	19	7.86	4	46	58	45	41	40.0
Lipsia	+ 0	49	34.02	12	23	30	51	20	6.5
Lisbona (Oss. della Mar.)	— 0	36	33.5	350	51	37	38	42	17.6
» (Nuovo Oss.)	— 0	36	44.67	350	48	50	38	42	31.5
Liverpool	— 0	12	17.2	356	55	43	53	24	3.8
Lubecca	+ 0	42	45.7	10	41	26	53	51	31.4
Lund (Svezia)	+ 0	52	45.2	13	11	15	55	41	52.0
Madras	— 5	20	58.5	84	14	34	13	4	8.4
Madrid	— 0	14	45.05	356	18	44	40	24	29.7
Mannheim	+ 0	38	50.52	8	27	38	49	29	11.0
Marburg (Assia)	+ 0	35	5.0	8	46	15	50	48	46.9
Markree (Irlanda)	— 0	33	48.4	351	32	54	54	10	31.7
Marsiglia	+ 0	21	34.64	5	23	40	43	18	19.4
Melbourne (Austr.)	+ 9	39	54.3	144	58	35	— 37	49	53.4
Messico	— 6	36	26.6	260	53	21	+ 19	26	1
Milano	+ 0	36	46.0	9	11	30	45	27	59.4
Modena	+ 0	43	42.9	10	55	44	44	38	52.8
Monaco	+ 0	46	26.12	11	36	32	48	8	45.0
Mosca	+ 2	30	17.17	37	24	18	55	45	19.1
Napoli (Capodimonte)	+ 0	57	0.5	14	15	8	40	51	45.4
Neuchâtel	+ 0	27	49.6	6	57	28	47	0	1.2
New Haven (St. Uniti)	— 4	51	42.49	287	4	27	41	18	38.6
New York	— 4	55	53.60	286	1	35	40	45	23.4
New York (Osser. Rutherford)	— 4	55	56.42	286	0	51	40	43	48.3
Nicolajef (Russia)	+ 2	7	53.87	31	58	28	46	58	20.6
Odessa	+ 2	3	2.4	30	45	36	46	28	36.2
O Gyalla (Ungheria)	+ 1	12	45.6	18	11	24	47	52	27
Olmütz	+ 1	9	8	17	17	0	49	35	43
Oxford (Oss. Radcliffe)	— 0	5	2.6	358	44	21	51	45	36.0
Oxford (Osserv. dell'Univ.)	— 0	5	0.4	358	44	59	51	45	34.2
Oxford (St. Un., Missis.)	— 5	58	7.4	271	28	13	34	22	12.6
Padova	+ 0	47	29.20	11	52	18	45	24	2.5
Palermo	+ 0	53	24.7	13	21	10	38	6	44
Parigi (Oss. Nazion.)	+ 0	9	21.05	2	20	15	48	50	11.2
Parigi (Oss. di Montsouris)	+ 0	9	20.79	2	20	12	48	49	18.0
Pietroburgo	+ 2	1	13.16	30	18	22	59	56	29.7
Plonsk (presso Varsavia)	+ 1	22	4	20	31	0	52	37	38.8
Pola	+ 0	55	23.1	13	50	48	44	51	49
Portsmouth	— 0	4	23.9	358	54	2	50	48	3
Potsdam	+ 0	52	19.9	13	3	59	52	22	55
Poughkeepsie (St. Un. Nuova York)	— 4	55	33.6	296	6	36	41	41	18
Praga	+ 0	57	41.3	14	25	23	50	5	18.5
Princeton (St. Un.)	— 4	58	37.5	285	20	37	40	20	58
Providence (St. Un.)	— 4	45	37.38	288	35	36	41	49	46.4
Pulkowa	+ 2	1	18.65	30	19	40	59	46	18.7

Digitized by Google

Osservatore	Differenza con Greenwich in tempo ore	m.	s.	in longitudine °	′	″	Latitudine °	′	″
Quebec	— 4	44	49	288	47	45	+ 46	48	30
Rio de Janeiro	— 2	52	41.4	316	49	39	— 22	54	24
Rochester, N. York	— 5	11	24	282	9		+ 43	8	17
Roma (Coll. Rom)	+ 0	49	55.7	12	28	55	41	53	53.7
Roma (Campid.)	+ 0	49	56.5	12	29	8	41	53	33.3
Saint Louis (St. Un.)	— 6	0	49.14	269	47	43	38	38	3.6
San Fernando (Cadice)	— 0	24	49.26	353	47	41	36	27	40.4
Santiago (Chili)	— 4	42	45	289	18	45	— 33	26	42.0
Schwerin	+ 0	45	40.94	11	25	14	+ 53	37	37.9
Spira (Speyer)	+ 0	33	45.62	8	26	24	49	18	55.2
Stoccolma	+ 1	12	13.98	18	3	30	59	20	34.0
Stonihurst (Walley, Ingh.)	— 0	9	52.7	357	31	50	53	50	40
Strasburgo (Oss. prov.)	+ 0	31	2.50	7	45	38	48	34	54
Strasburgo (Nuovo Oss.)	+ 0	31	4.66	7	46	10	48	35	0
Sydney	+ 10	4	49.9	151	12	29	— 33	51	41.1
Taschkent (Turchestan)	+ 4	37	10.8	69	17	42	+ 41	19	32.2
Tolosa	+ 0	5	50.0	1	27	30	43	36	45.5
Torino	+ 0	30	47.2	7	41	48	45	4	8.4
Trieste	+ 0	55	2.4	13	45	31	45	38	34
Troy (N York)	— 4	54	44.6	286	18	51	42	43	52
Tulse Hill (Inghilt.)	— 0	0	27.7	359	53	5	51	26	47
Twickenham (Ingh.)	— 0	1	3.4	359	41	43	51	27	4.2
Upsala	+ 1	10	30.23	17	37	34	59	51	31.5
Utrecht	+ 0	20	31.7	5	7	55	52	5	10.5
Varsavia	+ 1	24	7.33	21	1	50	52	13	5.7
Venezia	+ 0	49	25.8	12	21	27	45	25	49.5
Vienna (Oss. dell'Univ.)	+ 1	5	31.70	16	22	55	48	12	35.5
Vienna (N° Osserv.)	+ 1	5	21.49	16	20	22	48	13	55.4
Vienna (Josephstadt)	+ 1	5	25.50	16	21	20	48	12	54.9
Vilna	+ 1	41	11.5	25	17	50	54	40	59.4
Washington	— 5	8	12.09	282	56	59	38	53	38.8
Westpoint (N. York)	— 4	55	49.28	296	2	39	41	23	31
Whitestone (N. York)	— 4	55	7.52	296	13	7	40	47	20
Wilhelmshaven	+ 0	32	55.21	8	8	48	53	31	52.0
Williamstown (Massach.)	— 4	52	53.5	286	45	37	42	42	49
Williamstown (Victoria)	+ 9	39	38.5	144	54	35	— 37	52	7.2
Windsor (Australia)	+ 10	3	21.5	150	50	20	— 33	36	28.9
Zurigo	+ 0	34	12.4	8	33	6	+ 47	22	42.1

Prospetto XXXI.

TAVOLA DI ALCUNE FRA LE PIU' IMPORTANTI PROFONDITA' E DEPRESSIONI CONTINENTALI ED OCEANICHE

	Profondità sotto il liv. del mare metri
1. Oceano Pacifico. Profondità del Tuscarora	8513
2. » Atlantico { settentr. massima	8341
2. » Atlantico { meridion. massima	6006
3. » Indiano massima	5664
4. » Glaciale Artico massima	3612
5. » » Antartico massima	4846
6. Mar Mediterraneo massima	3968
7. Più profondo *pozzo artesiano*: a Sperenberg (SE di Sperin), presso Berlino. Nel 1870 era già scavato fino a 1293m. sotto il suolo	1230
8. Idem a Lieth nell' Holstein; 1330m. sotto il suolo	?
9. Più profondo *pozzo di miniera*: a Potsdam negli Stati Uniti; 1676m. sotto il suolo	?
10. Pozzo di Saint Louis nel Missuri 1171m. sotto il suolo	?
11. Fondo del mar Caspio meridionale	972
12. » » » Morto o lago Asfaltite	954
13. Fondo del lago Baical, secondo Dubowsky e Godlewsky (904, sec. Wagner)	881
14. Pozzo di miniera già da lungo colmato, presso Kuttenberg, in Boemia	827
15. Fondo del mar Caspio centrale	796
16. » della miniera di Row Bridge presso Wigan nel Lancashire	787
17. » del lago di Garda, secondo le misure italo-austriache	760
18. » del lago Maggiore	659
19. » » » di Garda secondo il Bettoni	515
20. Specchio del mar Morto o lago Asfaltite	394
21. Fondo del lago di Como	389
22. » » » di Ladoga in Russia (sec. recenti misure — 208)	360
23. » del lago di Miösen in Norvegia	320
24. » » Loc Ness in Irlanda	225
25. Specchio del lago d'Assal nel paese dei Somali	195

Digitized by Google

	Profondità sotto il liv. del mare metri
26. Specchio del lago di Genezareth o di Tiberiade in Palestina	194
27. Fondo del lago Ontario negli Stati Uniti	147
28. » del lago di Bracciano presso Roma	133
29. » del lago Michigan negli Stati Uniti	120
30. » del lago Superiore negli Stati Uniti	119
31. » del lago d'Iseo in Italia	111
32. » » » d'Onega in Russia (sec. misure recenti — 28[m])	108
33. Specchio di una palude a S. di Massaua presso la costa del mar Rosso	74
34. Oasi di Arag a SE di Sivah nel deserto Libico	70?
35. Dry lake nel Colorado, Stati Uniti	66
36. Death valley, ivi	50
37. Fondo del lago Wenern, in Isvezia	45
38. » » » Storsee	44
39. Fondo del lago d'Albano, presso Roma	42?
40. » » » Wetter, in Isvezia	37
41. Specchio dello sciott Melrir in Tunisia	31
42. » del lago di Fajum in Egitto	29
43. Fondo del lago Erie negli Stati Uniti.	28
44. Specchio del mar Caspio	26
45. Oasi Aug la, nel deserto l ibico	25
46. Specchio dello sciott Gharsa o Rharsa, in Tunisia	21
47. Astracan, oss.	20
48. Fondo del lago d'Aral	20
49. Alexandrowsk (4° 27') presso il Caspio	10
50. Fondo dei laghi Amari, presso il canale di Suez	10
51. » del lago di Lugano	7
52. Specchio dello sciott Asluge in Tunisia	2
53. » del lago di Natron a levante del Nilo di Damietta	2
54. Pelo del Volga a c.[a] 80 chil. a monte di Saratow	0
55. Baku	0

PROSPETTO XXXII.

TAVOLA DI ALCUNE FRA LE PIU' IMPORTANTI ALTITUDINI POSITIVE DEL GLOBO

(dal KLÖDEN, dall'*Ann. du bureau*, dal WAGNER, dal RÉCLUS e da moltissime fonti originali).

Alpi Occidentali.

	metri
Tenda	1873
Cima dei Gelas	3188
CUNEO, osserv.	555
Colla Lunga	2790
Enchastraye	2955
Pelat	3053
Ventoux	1912
Larche	1995
BARCELONETTE	1133
Aynel	2669
Louget	2670
Vico	3845
SAINT VERAN (vill.)	2033
Rochebrune (pte de)	3324
CRISSOLO, oss.	1390
BRIANÇON	1236
Monginevra	1860
Trou de la Traversette	2995
Sestrières	2609
Thabor A. d. B.	3205
» Δ	3177
Lautaret	2075
Pelvoux	3154
Barre des Écrins	4103
Meije	3987
Rioburent	3340
Frejus (galleria-punto culm.)	1335
Moncenisio	2082
MONCENISIO, Posta	1906
MONCENISIO, Corpo di guardia, oss.	1930
Roccia Melone	3537
AUÇOIS (vill.)	2340
Mont Iséran	2769
Dent du Midi	3285
Grand Casse	3861
Mont Pourri	3788
Vanoise	2527
Levanna A. d. B.	3640
» Δ	3592
BALME D'ALA, Oss.	1554
Grand Paradiso	4052
CERESOLE REALE	1620
Grivola	4011
COGNE	1543
PICC. S. BERNARDO, Oss.	2160
Picc. S. Bernardo	2157

Alpi Centrali.

Seigne	2532
Bonhomme	2340
Bianco	4810
Balme	2203
Géant (aiguille du)	4010
Géant	3362
Argentière (aiguille du)	3912
Ferret	2532
GR. S. BERNARDO, oss	2478
Gr. S. Bernardo	2472
GINEVRA, oss.	408
Grand Combin	4317
Pleureur	3706

NB. Le montagne son segnate in carattere solito; i passi in *corsivo;* i luoghi abitati, città, osservatori, ecc. in MAIUSCOLETTO.

Digitized by Google

	metri
Hérens	3480
Cervino o Matterhorn	4482
Cervino o *Matterjoch* o passo di *S. Teodulo*	3322
Dent Blanche	4365
Weisshorn	4512
Rosa, Dufourspitze	4638
Zermatt	1618
Mischabelhörner o dôme des Mischabel	4554
Fletschhorn	4016
Sempione, Osserv. e passo, presso la croce	2005
Motterone	1493
Valdobbia, sant. ed oss.	2548
Oropa, sant. ed oss.	1175
Leone	3556
Gries	2446
Rotondo (piz) (Gottardo)	3197
Andermatt	1440
S. Gottardo, caposaldo trigon.	2091
S. Gottardo, passo, segnale	2108
S. Gottardo, galleria	1154
Furca, pietra mil. 6	2428
Albergo al ghiacc. del Rodano	1711
Yorat (Svizz.)	928
Cheville (la)	2036
Diablerets	3251
Leukerbad	1415
Jungfrau	4167
Finsteraarhorn	4275
Aletshorn	4198
Mönch	4104
Schwaribach al Gemmi	2065
Grimsel	2165
Dammastock	3630
Titlis	3239
Pilato	2133
Brünig	1004
Tödi	3623
Clariden	3264
Glärnisch	2921
Rigi	1800
Berna	538
» osserv.	571
Chürfirstein	2363
Sentis, oss.	2504
»	2467
Oberalppass	2052
Lucomagno, *Lucmanier*	1917
Zurigo, ferrovia	408
Reinwaldhorn (Adula)	3398
Basodine	3276
S. Bernardino	2063
Tambohorn	3276
Spluga	2117
Stella (pic)	3406
Septimer	2311
Julier	2287
Err (pic d')	3395
Albula	2313
Kesch (piz)	3422
Flüela	2405
Linard (piz)	3416
Silvrettahorn	3248
Scesaplana (Reticone)	2968
Arlberg	1797
Maloia	1811
Bernina	4052
Bernina, casa	2049
Disgrazia	3680
Bernina, passo	2334
Languard	3266
Stelvio	2797
Kublis	1822
Stelvio oss.	2543
Bormio	1255
Bormio, bagni, oss.	1340
Aprica	1234
Redorta	3040
Legnone	2611
S. Marco (di)	1826
Orteles	3905
Tonale	1875
Adamello	3547
Presanella	3561
Cima Tosa (Gr. di Brenta)	3147
Res-henscheideck	1491
Wildspitze (Oetzthal)	3770
Eishof (Pfossenthal)	2070
Wilderpfaff (Stubay)	3500
Küthei	1936
Brenner	1362
S. Giovanni (fra Riva e Rovereto)	320
M. Baldo	2198

Alpi Orientali.

Innsbruck, oss.	599
Trento, oss.	258
Hochfeiler (Zillerth.)	3484
Krimmler Tauern	2635
Dreiherrenspitz	3499
Watzmann, Hochkönig (Salisb.)	2714 / 2939
Gross Venediger	3673
Velber Tauern	2540
Heiligen Blut, oss.	1301
Grossglockner	3797
Gastein, bagno e oss.	1023
Radstädter Tauern	1738
Rottenmanns Tauern	1265
Raxalpe, Schneeberg, Kahlenberg (Alpi austr.)	2009 / 2075 / 438
Vienna	194
Semmering, ferr.	980
Dachstein	2990
Grand Priel	2511
Hafnereck	3061
Fleiss Goldzecke, min.	2799
Gratz	344
Eisenhut	2441
Toblach	1204
Cavalese, oss.	1042
Araba (Livinallongo)	1622
Marmolada	3494
Zoppè (val di Zoldo)	1478
Belluno, oss.	404
Cima Dodici	2331
Asiago, oss.	995
Levico	447
Castelbert (Lessini)	1731
Antelao	3253
Peralba	2690
Mauria (sorg. del Tagliam.)	1307
Cavallo	2251
Collians	2801
Tolmezzo, oss.	331
Saifnitz o *Camporosso*	806
Jôf del Montasio	2760
Canin	2582
Predil	1169

Digitized by Google

	metri
Triglau o Terglou o Tricorno	2864
Ratschach	868
Velki Stol (Caravanche)	2239
Obir. miniera	2034
Adelsberg. ferr.	307
Nevoso o Sneznico Schneeberg	1796

Valle del Po.

Soperga, presso Torino, pavim. del tempio	658
Solferino, Torre	206
S. Giovanni di Barbaran, Berici	423
Venda, somm. degli Euganei	604

Giura.

Chat (mont du)	1497
Gran Colombier	1534
Grand Credo o Creteau	1624
Reculet	1720
Crêt de la Neige	1723
Faucille (la)	1320
Dôle	1678
Larmont	1326
Tendre	1680
Seuil de Valdieu	344
Belfort	419

Vosgi e riva sin. del Reno.

Ballon d'Alsace	1250
Bussang (col du)	734
Rothenbach	1319
Hohneck	1366
Schlucht	1146
Bonhomme (col du)	946
Guebwiller (ball. de)	1423
Donon	1013
Saverne (route de)	331
Plombières	421
Kalmit (Hardt)	681
Eschkopf (Hardt)	613
Donnersberg	690
Wald (Hunsrück)	802
Idarkopf Erbeskopf	740
Hohe Acht (Eifel)	760
Sig. di Botranche (Ar)	695
Zitterwald	679
Luxemburgo	306
Bruxelles, palazzo reale	137

Germania centrale e bassa Germania.

Gr. Feldberg (Taunus)	881
Picc. » »	826
Pfaffenhaim (Wester W.)	665
Lowenberg (Siebengebirge)	432
Kahle Astenberg	842
Taufstein (Vogelsberg)	783
Ebersberg (Rhön)	967
Wasserkuppe (Rhon)	943
Gotha	285
Beerberg (Thuringer Wald)	983
Schneekopf (» »)	977
Inselberg (» »)	915
Döbraberg (Frankenwald)	799
Brocken (Harz)	1141
Brocken oss.	1143
Könisberg (Harz)	1029
Gottingen	134
Berlino, oss.	34

Alta Germania.

	metri
Feldberg (Selva Nera)	1495
Belchen	1415
Kandel	1243
Hornisgründe	1166
Me ibocus. Walchen	519
Karlsruhe, oss.	123
Stoccarda. Stuttgart, oss.	268
Lemberg (Alpi di Svevia)	1014
Oberhohenberg (Jura Svevo)	1015
Schafberg	1001
Ulma, oss	478
Augusta, Augsburg	491
Monaco, München, oss.	528
Ratisbona, Regensburg, oss.	359

Monti sassoni e boemi.

Grande Arber (Selva Boema)	1453
Rachel Spitz (» »)	1447
Haustein (Selva Bavarese)	1225
Freyberg,	400
Lipsia, Leipzig, oss.	119
Dresda terrazzo dell'oss. astron.	121
Schneeberg (Fichtelgebirge)	1055
Kalberg (Erzgebirge)	1238
Schneekoppe (Riesengeb.)	1601
Tafelfichte (Isergeb.)	1089
Brunnberg (Riesengeb.)	1555
Schneeberg (Sudeti)	1417
Altvater (»)	1487
Hohe Kamm	1422
Gr. Sturmhaube (Riesegeb.)	1506
Eger, oss.	455
Praga, oss.	202

Carpazi e regione contermine.

Bradlo (Picc Carpazi)	815
Jablunka	601
Babia Gora	1722
Lomnitz (Tatra)	2635
Gerlsdorf o Gerlach	2659
Giumbir	2043
Kralova hota	1942
Matra (Dasko)	910
Czerna gora (Bucovina)	2012
Pop Ivan	1925
Pietrosz	2297
Ineu, o Piatra Ingo Aloui	2281
Hargetta	1741
Oitosz	852
Predjal o Tömös	1028
Bucsecs	2519
Torre Rossa (passo della)	352
Koastola Russ	2254
Negoiu	2543
Parangu	2587
Vulcano	944
Cucurbeta, Bihar	1846
Budapest, oss.	153
» Danubio	116
Belgrado	64
Leopoli, Lemberg, oss.	298
Czernowitz, oss.	257
Hermannstadt, oss.	414
Bucarest	87
Karslburg	241
Jassi	318

Digitized by Google

Alpi Dinariche, Ciardag, Pindo, ecc.

	metri
Bielolasica (Capela)	1533
Sveto Berdo o M. Santo (Velebit)	1753
Dinara	1811
Dormitor	2606
Cuccicom	2448
Cetigne	638
Tomor	2413
Liubatrin (Ciar Dag)	(3000) 2566
Metzovo	1644
Gianina, oss.	478
Budzicachi (Pindo)	2162
Parnasso (a S. di Chiona) in Livadia	2522
Delfi	700
Pernes	1413
Elicona	1745
Atene, oss.	90
» Acropoli	158
Olimpo	2972
Ossa	1953
Pelio	1629

Balcani e Despoto-Planina.

Vidino	38
Copaonie (Serbia)	1945
Alexinatz	174
Nissa	207
Nicoia (Balc.) a S. di Vidin	1450
Derband (») a N. di Sofia	1480
Sofia	550
Babacona (Balc.) ad E. di Sofia	1050
Rabanitza (») NNE di Filippopoli	1880
Trojano (») N. »	1434
Maralieduc (») » »	2350
Rosolita (») » »	1931
Scipca (») SO di Tirnova	1245
Casan (») a SO di Sciumna	587
Rilo Dag (Despoto D.)	2750
Rilo, convento	1130
Ala Burann	2409
Filippopoli	177
M. Athos	1935

Peloponeso ed isole.

Olenos	2370
Chelmos	2355
Cillene, oggi Ziria	2374
Taigeto (Hagia Ilias)	2409
Parnon	2064
Ida o Psiloriti (Creta)	2498
Delfi, nell'Eubea (Negrop.)	1740
Fengari (Samotrace)	1509
Elato (Cefalenia)	1599

Italia, Apennini, Isole.

Gioia	2625
Cadibona	490
Bocchetta	780
Giovi (col del)	469
Antola	1597
Penna	1731
Penna, oss.	1340
La Cisa	1040
Cimone	2166
» oss.	2162
Capanne, Porretta, oss	637
La Futa	915
Vallombrosa, conv. e oss.	957
Alvernia, id. id.	1116
Montepulciano, oss.	510
Falterona	1648
Pratomagno	1580
Pisanino (Alpi Apuane)	2045
Chianti (m. del)	730
Alpe di Catenaia	1400
Camaldoli, oss.	1122
Amiata	1730
Cimino	1056
Argentaro	635
Carpegna	1407
Catria	2702
Urbino, oss.	451
Camerino, oss.	664
S. Agata Feltria, oss.	591
Perugia, oss.	520
M Sibillini	2477
Pizzo di Sevo	2420
Vettore	2478
Terminillo	2214
Gennaro (Sabini)	1235
Cavo (Albani), oss. e cima	965
Circello	516
Semperviso (Lepini)	1535
Corno (Gr. Sasso d'Italia)	2909
Velino	2487
Aquila, oss.	735
Amaro (Majella)	2742
Meta	2209
Matese (m. del)	2052
Montecassino, oss.	527
Calvo (Gargano)	1558 (segn. geod.). 1570
Vesuvio (variab.)	1360
Vesuvio, oss.	637
Montevergine, oss.	1372
Vulture	1328
Potenza, oss.	828
Acuto	1751
Maddalena (della)	1302
Pollino	2248
Botte Donati (Sila)	1930
Tiriolo, oss.	628
Alto (Aspromonte)	1958
Sori (Sicilia)	1846
P.° d'Antenna	1975
Lauro	985
Busambra	1615
Cammarata	1578
Caltanisetta, oss.	570
Etna	3313
Etna, osserv.	2942
Pellegrino, oss.	600
Stromboli	921
Gennargentu (Sard.)	1872
Ferru	1050
Serpeddi	1075
Alvo	1290
Limbara	1321
Vizzanova (bocca di) Cors.	1162
Rotondo	2625
Paglia Orba	2525
Cinto	2710

Pirenei.

Bagnères	550
Perthus	290

Digitized by Google

	metri
La Perche (col de)	1622
Canigou	2785
Puy de Carlitte	2920
Puymorens (col de)	1931
Nègre (pic)	2312
Montcalm (pic de)	3080
Mont-Vallier (pic de)	2839
Roi (port du)	585
Viella (port de)	2456
Netou, Aneto (Maladetta)	3404
Vénasque (port de)	2417
Maupas tuc de)	3110
Crabioulès (pic de)	3104
Perdu	3352
Marboré (cylindre de)	3327
Roland (brèche de)	2804
Gavarnie (port de)	2282
GAVARNIE	1335
Long (pic)	3194
Midi de Bigorre (pic du)	2877
MIDI (pic du), oss.	2870
LUZ	706
Vignemale	3298
BARÈGES	1241
Bat-Lactouse	3175
Arial (pic)	2823
Midi d'Ossau (pic du)	2885
Somport	1640
Anie (pic d')	2504
Orgambide (col d')	980
Ronceaux (col de)	1100
Aldudes (col des)	947
Mondarrain	750
Maya (col de)	602
Larhun, o la Rhune	900
Vélate (col de)	868
Cotiella	2910
Monsech (Catalogna)	1677
Oroel (peña de)	1748
Montserrat	1227
Idiazabal (col de)	657
Aspiroz (col de)	567
Orduna (» »)	650
Vieja (peña)	2678
Ubina (peña)	2500
Miravalles (pe a)	1939
Cabesa de Manzaneda	1777

Penisola iberica.

PAMPLONA	420
Penalara (peña de), sierra Guadarama	3305
Cerda (col de la)	1410
Plaza de Almanzor	2662
VALLADOLID, oss.	760
BURGOS,	819
SORIA (alto Duero)	1058
MADRID, oss.	655
TOLEDO,	450
Guadalupa (sierra de)	1558
S. Lorenzo (cerro de)	2303
Urbion (pic d')	2246
Moncayo (sierra de)	2316
SARAGOZZA	184
Sagra	2398
ALBACETE	102
Mulahacen (cerro de)	3554
Veleta (pichacho)	3470
Caballo (cerro)	3200
HATO DE GUALCHOS	2427
Gador (sierra de)	2323
Magina (sierra de)	2200
GRANADA	669
MURCIA, oss.	43
LISBONA, oss.	102
Malhão de Serra (Portog.)	1493
Monchique serra de »	904

Monti della Francia.

1. *Faucille, altip. dei Langres, Côte d' Or e Morvan.*

Laino (m. de)	613
Haut du See	516
Tasselot	593
Signal de Malaio	608
Auxois	418
Afrique (C. d'Or)	584
Bois Janson (»)	636
Haut-du-Brûlé (Morv.)	902
Prenelay (Morv)	850
Beuvray (Morv.)	810
DIGIONE	246

2. *Normandia, Maine, Bretagna.*

Amain (m. d')	309
Avaloir (sign. d')	417
Ecouves (forêt d')	413
Pinçon	365
Bel Air (Mener)	340
Mener Hom	330
RENNES	54

3. *Cevenne e montagne centrali.*

Longpendu (stagno di)	301
St. Rigaud	1012
Tarare (de)	1004
Perdrix, (crêt de la)	1434
Mézenc	1754
Gerbier-de-Jonc	1551
Tanargue	1519
Finiel (sign. de)	1702
Aigoual	1567
Nore (pic de)	1210
Naurouse (col de)	190
Pierre-Plantée (col de)	1265
Cantal (plomb du)	1858
LE PUY, oss.	713
Sancy (puy de)	1886
DÔME (puy de), oss. e cima	1465
Bessou (plateau de Mille-Vaches)	984?
Monédières	920
Gargan	731
Pierre-sur-Haute	1640
PARIGI	61
Noirétable (col de)	754
Mailhebiau (puy de)	1471
CLERMONT, oss.	390
S. ÉTIENNE	540
LIONE	295

Isole Britanniche.

Dartmoor (Cornovaglia)	632
Beacon de Becknock (Galles)	870
Snowdon (Galles)	1094
Cheviot hill (conf. tra Scozia e Ingh.)	735

Digitized by Google

	metri
Scaw Fell (Pennini)	884
Birmingham	104
Broad Law (Scozia)	833
Arthur's Seat	250
Edinburg, oss.	82
Ben Nevis (Grampiani)	1340
Ben-Mac-Dhui (»)	1306
Carour	486
Ben-Lomond	965
Carrantuohill (Irlanda, SO)	1054
Connemara (monti di) (Irl. occ.)	810
Wicklow (a S. di Dublino)	926
Athlone (centro dell'Irl.), oss.	92

Scandinavia.

Gausta (Telemarc)	1881
Vossescavlen (NE. di Bergen)	2050
Galdhoeppig (Imes F., a 61° 38′ N.)	2604
Dovre, oss.	643
Snehaetten	2306
Più alto punto della strada fra Drontheim e Cristiania	1200
Falun, oss	126
Hjerkin, a S. di Drontheim	961
Jaevsöhätten (Dronth.)	1318
Sulitjelma (67° N.)	1882
Naimaca	845
Benjordtinden (69° 45′ N.) (Tromsö)	1223
Svolowuobni,	407
Jochmock (66.° 36) oss.	282
Ejer Bavnehoj (Jutland)	172
Himmelsberg (»)	157

Isole settentrionali.

Oeräfa Jokull (Islanda)	1959
Ecla (»)	1555
Isholl.	471
Orsi (m. degli) Jean Mayen	2063
Horn-Sund-pic (Spitzb.)	1390
Incu »	2448

Russia.

Mosca; oss.	160
Niscinigorod, oss	140
Vilna, oss.	120
Varsavia, »	120
Poltava, »	140
Simferopoli, »	260
Casan, »	80
Astracan, »	—20
Popova Gora (Valdai)	350
Bieli Chiutc (colline del Volga)	352
Ciatir Dagh (Crimea)	1519
Teiriharju (Finnlandia)	334
Stavropol (45° 3′ N.) osserv.	540
Vladicavcas	715
Pscec (passo) (44° N.)	1656
Maruc » (S. di Stavropol)	3191
Balticaia	4876
Elburuz	5644
Catsciantan	5218
Adai-scioc	4646
Casbec	5043
Agridag	3566
Basariusi	4486
Betingne	4632
Giulti	3790
Capugic	3927
Dariel	2390
Sciebulos	4504
Saridag	5595
Alascium dag	3869
Sciac dag	4143
Curuc, (a SO di Derbent)	2544
Gnetju (Urali)	1298
Sablia	1567
Tel-pös-Iz (Ne-Pubi-Ur) (63°47′)	1689
Denescin Camen	1633
Strada di Ecaterinenburg	350
Ecaterinenburg	250
Iremel	1536
Bielorietzcoi	486

Asia occidentale.

Brussa	305
Olimpo (a S. di Brussa)	1930
Bei dag (Tauro di Licia)	3200
Iconio	1187
Angora	1080
Porte Cilicie	1160
Metdesis (Tauro-Bulgar dag)	3477
Gisil tepe	2761
Argeo, Erdscis dag	3841
Melgob	1874
Josgad	1792
Sivas	1250
Bingöl dag	3752
Ersirum	1862
Cars	1848
Alexandropol	1547
Tiflis	457
Alaghéz	4100
Gotscia	1925
Piccolo Ararat	3917
Grande Ararat	5163
Aladag (SO dell'Ararat)	3515
Savalan (SSE di Bacu)	4814
Alma dag (Amanus)	1815
Dor-el-Khotib (Libano)	3067
Tanurin	1961
Aleppo	348
Palmira, Tadmor	405
Damasco	700
Ermon (gebel-es-Sceic)	2860
Gerusalemme	760
Sinai	2830
S. Cater na, conv. sul Sinai	1600
Hail (Arabia centr.)	? 1067
Asdar (gebel) nell'Oman	? 3018
Sciaura (gebel) nell'Hadramant	? 2400
Sana (el-Jemen)	2040
Medina	1000
Bagdad	100
Hamadan (Ecbatana)	1880
Teheran	1172
Demavend (Elburs)	5670
New	2761
Ispahan	1576
Cuhi-Dena (a S. di Ispahan)	3897
Candahar	1060
Cuhi-Baba	4827
Hadgi (passo)	3716
Cabul	1951
Sefid-cu	4660
Pirgul (cat. Suleiman)	3716
Gasni	2350

Digitized by Google

	metri
Chetta (Belucistan), oss.	1680
Chelat (»)	2050

Imalaia (da ovest ad est).

Nanga Parbat o Diarmer	8160
Cargil (34° 1/2 n.)	2678
Srinagar (Casmir)	1595
Sar	7130
Umasi	5520
Gia	4120
Cursoc	4541
Latsalang	5129
Bara Latsa	4940
Parangla	5560
Gia	7610
Scimla (31°6') oss.	2119
Tiri	4663
Ibi Gamin	7753
Nanda-devi	7820
Gurla (Nepal)	7680
Api	6949
Narajani	7758
Davalaghiri	8176
Muctinat	4012
Jassa	8131
Delhi, oss.	252
Acu	7412
Catmandu	1330
Gingiba	8200
Tung lung	4529
Gaorisancar o Everest	8840
Benares, oss.	81
Gannang	7321
Tipta la	4760
Chincingianga	8582
Dargieling (Sicchim), oss.	2107
Donchia	7026
Giamalari (Bhutan)	7297
Dalla	7030

Catene centrali, Tibet ecc.

Doc Gialung, vill. e miniere	4977
Lassa o L'Hassa	3630
Tiacola	5332
Aling Gangri	7010
Pangkong Caracorum	4245
Lamcang	5943
Sciatai-davan	5333
Sangi-davan	6675
Caracorum	5653
Suget (passo di)	5570
Sandgiù-davan	5074
Leh, oss.	3517
Hanle	4608
Dapsang	8621
Nasicla	7347
Haramesh	7401
Jengi-davan	4876
Tagarma	7620
Suoc	5712
Terecti (Tian-scian)	3840
Barcun	3597
Bogdo-ula	6326
Musart	3950
Semenof (cat. Alessandro)	4683
Bieluca (Altai)	3352
Muncu Sardic	3496
Socondo (Jablonoi)	2453
Jarcand, oss.	1257
Casgar	1232
Chotan od Iltsci	1370
Urga, oss.	1150
Culgia	520
Suciou	1390

Siberia, Asia russa ecc.

Tascent, oss.	450
Samarcanda	700
Semipalatinsc, oss.	180
Acmollinsc	306
Tomsc	84
Tobolsc	50
Jacutsc	160
Ircutsc	460
Nercinsc	660
Cliutscef (Camsciatca)	4804

India, Asia orientale e Giappone.

Tal gal (NE di Bombay)	583
Nagpur	285
Bor ghat	548
Haiderabad, oss.	545
Misore, oss.	766
Mahalabaslevar, SO di Puna (Bomb.)	1384
Dodabetta, cima e oss. (Nilaghiri)	2633
Pedrotalagalla (Ceilon)	2538
Adamo (picco d') »	2260
Newera Eliya, oss. »	1874
Candi, oss. »	520
Momeim	1714
Bamo	220
Saramethi (N. di Mandele)	3900
Bathang (30° N.)	2605
Fei-lung-cuan	4092
Sci-pan-fang (Hassenstein)	5180
Pe-schian-ling, passo pr. Sin-gan (34° N.)	1200
Cal-gan (passo di) (41° N.)	1624
Cuanin-sciang (pen. di Scian-tung)	884
Fusinojama (Giappone)	4676
Hacone (presso Jeddo)	740
Tacasachi (36° 1/2 N.)	160
Biva, lago	100

Malacca, Malesia e Borneo.

Ofir (Malacca)	1170
Krau	68
Ofir (Sumatra) (0°. di lat.)	3031
Indrapura	3097
Gr. Korintii (Giava)	3736
Lahat. oss. (3°. 48' S.)	250
Semeru	3672
Simpungan	2097
Buitenzorg, oss.	265
Chinabalu (Borneo) (5° 20' N.)	4172
Rindjani (Lombok)	4200

Australia, N. Guinea, Polinesia.

Owen Stanley (N. Guinea)	4025
Tocala (Celebes)	2599
Bonthain »	3070
Mitchell (SO di Brisbane) (Austr.)	1256
Toowoomba oss.	624
Ben Lomond (30° S)	1524
Sea Wiew (31° S.)	1829
Bathusrt, O. di Sidney, oss.	760

Digitized by Google

	metri
Ccxpass	1000
Goulburn, ferrovia (SO di Sidn.)	566
Chiandra, (35° 52') oss.	1360
Kosciusko	2187
Clarke (37° S., a S del prec.)	2212
M. Augustus (Austr. Occ.) 24° S.	1097
Bruce (22° S. circa)	1158
Humboldt (Tasmania)	1682
Ricapehu (N. Zelanda)	2803
Franklin	3048
Arthur pass (43° S.)	926
Cook	4028
Dunedin, oss.	150
Humboldt o Cando (N. Caledonia)	1610
Mauna Chea (Hawai) (M. Bianco)	4253
» Loa » (M. Grande)	4194
Maui, oss.	199
Orohena (Tahiti)	2232

Africa (Atlante, Marocco, Algeri, Tunisi).

Miltsin (Marocco)	3475
Marocco, città. c.a	500
Tisi-el-Tetghempt	2630
Teri-il-Abhara	2589
Anna (Er Rif, a S. di Ceuta)	2210
Taza (Atlas alger.)	1100
Nador di Tlemcen	1579
Tlemcen	830
Geryville	1360
Uarsenis	1984
Amruna	1516
Setif, OSO. di Costantina	1090
Asciaun	1815
Dira	1812
Batna.	1050
Gergera (SE. di Algeri)	2308
Scelija (S di Costantina)	2312
Zaguan (Tunisia)	1343
Mechila	1445
Tuila (Gebel Amur)	1937

Sahara, Sudan e Guinea sett.

Ghadames (30° 10')	390
Ghat	726
Murzuc (25° 54')	503
Kauar Scimmèdru (18°. 57')	500
Augila (29°)	41
Cufra. Chebabo (24° 1/2)	492
Egheri, passo a S di Ghat	1500
Timbuctu.	245
Tin Tellus (19° N.)	578
Camerun (M. Victoria)	4197
Mapanja (ai piedi del preced.)	800
Alantica (nell'Adamaua, 9° N.)	2700
Jacoba (nel Socoto)	756

Regione niliaca.

Siut, sul Nilo	70
Berber, sul Nilo	355
Cartum, » »	378
Cheren, O. di Massaua	1415
Dascian (ras) (Abissinia)	4620
Guna (ras) »	4231
Buahit »	4510
Gondar »	2270
Ancober (Scioa)	2500
Tinfinni (9° N.) (»)	2137

	metri
Mussalli (SO. di Assab)	2063
Harar	1500
Uoscio (6° 1/2 N.) E. di Kaffa	5060
Ladò (Gondocoro) (5°. 2' N.)	465
Ufumbiro	3300
Chenia	5500
Chilimangiaro	5700

Africa australe, Congo ecc.

Conde (N. del Niassa)	2680
Niamwe, (Congo)	683
Cascate di Stanley (Congo)	490
Stanley Pool (Congo)	288
Cascate Victoria (Zambesi)	700
Sumbo (Zamb.)	240
Pretoria	1224
Bloemfontein, oss.	1370
Mauch	2659
Sorgenti (m. delle) (Basuto)	3048
Cathkin peak (Natal)	3156
Compass o m della Bussola	2682
Sutherland (32° 25' S.) O. di Fraserburg, oss.	1430
Pietermaritzburg, oss.	639
Concordia, Namaqua, presso Springbokfontein, min. e oss.	1000
Tavola (m.)	1082
Worcester, oss.	240
Antacaratra (Madagascar)	3657
Piton des Neiges (Réunion)	3069
Grand Benard (»)	2892
Ascensione	860
Fernando Po	3108
Fogo (Is. del capo Verde)	2789
Teida (picco) Tenerife	3716
Ruiro (Madera)	1847
Pico (monte del) Azorre	2322

America settentrionale.

Iliaminsk (60° circa)	3678
Elias (60° 17') nell Aliasca	5943
Ft. Yukon (69° 34')	125
Fairweater (59° N.) (M. del Beltempo)	4724
Rainier (M. delle Cascate)	4402
Hood »	3422
Shasta (S.a Nevada)	4402
Trukee. pass., (ferr. del Pac.)	2195
Whitney (»)	4541
Città del Gr. L. Salato	1318
Brown (52° c.a)	4876
Murchison	4115
Hoocker	5100
Helena city	1265
Sud (passo del)	2280
Aspen (ferr. del Pac.)	2274
Hayden	4224
Evans pass o Sherman (2521)	2565
Denver city (Color.)	1584
Harward	4381
Lincoln	4361
Pikes Peak, osserv. (38° 50' N.)	4312
Blanca Pik	4409
Ft. Garland, oss. (37° 32', color.)	2550
Uncomparahgre } Colorado	4340
Wilson }	4361
S.a Fe (N. Messico. 35° 41')	2091
Tucson (Arizona, 32° 13')	578
Ft. Craig (N. Mess., 33° 36')	1395
Nevado de Colima	4300

Digitized by Google

	metri
Nevado de Toluca	4600
Popocatepetl	5420
Orizaba o Citlatepetl.	5450
Guanaxato	2045
Mexico, oss.	2280
Rancho Jacale	3248
Rancho Tlamacas	3899
Ferr. da Vera Cruz a Mexico.	2533
Fuego (vulc.)	4212
Agua	4410
Guatemala	1512
Orosi, vulc.	1456
Poas	2710
S. Josè (Costarica)	1178
Trazu o Cartago, vulc.	3496
Blanco pico) o Camuc	2941
Washington, cima e oss.	1916
Mac-Jntyre (monti Adirondack) (New. J.)	1586
Leconte (cat. Great Smoky, Tennessec)	2015
Balsam Cone o M. Nero (Black Dome) nella Carolina del N.	2033
Albany (N York)	40
Alleghany (Penns.)	215
Staunton (Virginia)	423
Atlanta (Georgia)	320

Groenlandia, isole dell'America centrale.

Petermann's Spitze (73° 3')	3480
Montano del Cobre (Cuba)	2100
Tarquino (pico de) »	2566
Pelée (Martinica)	1359
Morne Diablotin (Dominica)	1638
Solfatara (Guadal.) La Soufrière	1484
Blue M. (Giamaica)	2236
La Pina (S. Domingo)	3130

America meridionale.

Panama (punto culm. della ferr.)	80
Horqueta (Sierra Nev. de S. Marta)	5500
Silla de Caracas	2630
Caracas, oss.	927
Paramo de Ruiz	5590
Tolima	5526
Quindio (passo)	3485
Bogota, oss.	2660
Puracé	5184
Caiambe Urcu	5953

	metri
Quito, oss. (0° 14' S.)	2850
Antisana	5746
Antisana (0° 21' S.)	4060
Illinissa	5300
Cotopaxi	5943
Cimborazo	6310
Rancos Cunayaco	3709
Cerro di Pasco	4352
Tunnel della ferr. di Oroya (11° $\frac{1}{2}$ S.)	4770
Crucero (ferrovia da Arequipa a Puno)	4580
Misti	6100
Tacora	4170
Titicaca	3824
Il imani	6410
Illampu o Sorata	6550
Saiama	6415
S. Anna	4915
Ancomarca, posta	4392
La Paz	3700
Potosi	4000
Sucre o Chuquisaca	2700
Desaguadero,	3700
P. di S. Francisco	4879
Copiapo	6000
Copiapo, oss.	396
Mercedario (Ligua) (NE di Valparaiso)	6798
Portilto de Valle hermosa	4112
Tucuman, oss.	440
Aconcagua	6834
Cumbre	3900
Santiago	569
S. Josè	6096
Pichachen	2176
Villarica vulc.	1877
Corcovado	2289
S Valentino	3870
Sarmiento (T.a del Fuoco)	2070
Darvin	2100
Itacolumi (Bras.) N. di R. Jan.	1750
Itiatiaia (») O di R. Jan.	2713
Llanos de Chiquitos	290
Penon de Maraguaca (S.a de Pacaraimbo 4° N.)	2508
Punto di biforc. del Cassiquiare	282
Erebus (Victoria Land)	3770
Terror » »	3318
Melbourne » »	4500
Haddington (Graham Land)	2149
Ross (Kerguelen)	1865

Prospetto XXXIII.

TAVOLA DI ALCUNI FRA I PIU' IMPORTANTI FIUMI DEL GLOBO

(Dal Klöden, dal Réclus, dal Wagner, dall'Hellwald. dallo Strelbistky e da molte fonti originali).

Fiumi	Bacino in chilom. quadr.	Sviluppo del corso in chilom.	Alt. della sorgente in metri	Portata media mc. al sec.	Osservazioni
Europa.					
Ural o Jaic	84400	2328	500	—	
Volga	1459000	3183 (1)	256	—	(1) Dist. della sorgente dalla foce 1666 chil.
Cama	525000	1584	—	—	
Oca	241400	1136	—	—	
Cuma (Caspio)	38600	432	—	—	
Terec (Caspio)	59700	480	—	—	
Cuban	56000	651	—	—	

Digitized by Google

Fiumi	Bacino in chilom. quadr.	Sviluppo del corso in chilom.	Alt. della sorgente in metri	Portata media mc. al sec.	Osservazioni
Don	430000	1578	—	900?	
Dgnepr	527000	1712	—	2800?	
Pripet	121000	608	—	—	
Bug	67900	688	—	—	
Dgnestr	76900	1040	—	413	
Danubio	817000	2780	909	8500 (1)	(1) Presso la foce.
Inn	25000	432	1790 (2)	(3)	(2) Foce a 287m in Dan. (3) In Svizz. 50.
Drava	40800	699	1204 (3)	—	(3) Foce a 75m.
Sava	97400	861	604 (4)	—	(4) Foce a 66m.
Tibisco	153700	887	—	—	
Pruth	26800	592	—	—	
Serett	47600	416	—	—	
Maritza	53800	437	—	—	
Vardar	30000	336	—	—	
Drin	13300	299	—	—	
Narenta	9100	229	—	308	
Piave	4300	192	2200	60	
Adige	13900	378	1385	220	
Po	74900	672 (1)	2041	1720	(1) Dist. rett. fra sorg. e foce 420.
Tevere	17700	393	1167	267	
Arno	8600	248	1356	100	
Rodano	98900	810	1760?	2602 (1)	(1) In Svizz. c.a 270.
Saône	29600	432	—	—	
Ebro	99900	757	—	10	
Jucar o Xucar	19700	435	—	22 (1)	(1) In magra.
Segura	21100	291	—	—	
Guadalquivir	55900	542	—	40 (1)	(1) In magra.
Guadiana	65500	510	—	—	
Tago (Tejo)	82500	912	—	—	
Duero (Douro)	95000	727	—	—	
Minho	17000	253	—		
Adour	17000	285	1299	150	
Gironda propria	84800	84	—	1118	
Garonna	57200	469	2831?	—	
Dordogna	23909	422	—	—	
Loira (Loire)	121000	875	1320	132 (1)	(1) Ad Orléans; 985 alla foce
Mayenne	21900	288	—	—	
Senna (Seine)	77800	685	446	500	
Oise	16700	262	—	—	
Somma	5500	139	—	30?	
Schelda (Escaut)	19900	320	—	92	
Mosa	33000	961	383	448	
Reno	197200	1225	2385	1974 (1)	(1) In Svizzera c.a 1000.
Meno	27400	483	833 (1)	—	(1) Foce in Reno a 73m.
Mosella	28400	483	? (1)	—	(1) Foce in Reno a 54m.
Aar	17200	262	2209	—	
Ems	12000	320	108	—	
Weser colla Werra	46000	712	600 (1)	—	(1) Sorg. del Werra; foce in Weser 124m.
Aller	15800	255	155 (1)	—	(1) Foce in Weser 11m.
Elba	143300	1158	1429	1371	
Havel	23700	269	53 (1)	—	(1) Foce in Elba 22m.
Moldava	28100	410	1137 (1)	—	(1) Foce in Elba 134m.
Saale	23200	356	648 (1)	—	(1) Foce in Elba 47.
Oder	112000	905	605	—	
Warthe	27300	493	—	—	
Vistola (Weichsel)	193000	1050	567	—	
Bug	58200	512	—	—	
Pregel	24300	176	—	—	
Niemen	90500	790	—	—	
Duna	85400	757	—	—	
Narovna	59900 (1)	64	—	—	(1) Col lago Peipus ed affl.
Neva	289000 (1)	55	—	2954	(1) Coi laghi.
Volcoff (Ladoga)	12600	188	—	—	
Tornea	33800	432	—	—	
Umea-elf	26200	246	—	—	
Angermana-elf	32300	272	—	—	

Digitized by Google

Fiumi	Bacino in chilom. quadr.	Sviluppo del corso in chilom.	Alt. della sorgente in metri	Portata media mc. al sec.	Osservazioni
Dal-elf	29800	213	—	—	
Göta-elf (1)	48700	451	—	523?	(1) Compr. i laghi e il Klar-elf.
Glommen	41300	525	731	800	
Tana (oc. Glac.)	17000	304	—	—	
Onega	59343	341	—	—	
Dvina colla Sucona	365400	1220	—	—	
Sucona	55500	416	—	—	
Viciegda	118400	800	—	—	
Mezen	78800	799	—	—	
Pesciora	329500	1700	—	—	
Tamigi	13600	346	—	135 65 (1)	(1) Presso Kingston.
Shannon	11800	340	—	—	
Severn	21000	400	—	—	

Asia.

Obi	3000000	4000	2985	—	
Irtish	1800000	3000?	549?	—	
Jenissei	2500000	5500	1680 (1)	—	(1) Sorg. della Selenga.
Lena	2000000	3900	1200	—	
Indigirca	300000	1500	—	—	
Colima	370000	1300	—	—	
Anadir	220000	1200	—	—	
Amur	2000000	4000	600 (1)	—	(1) Confluenza delle sorg. nell'Argun presso Nerchinsc.
Pei-ho	142000	900	—	220 (1)	(1) Mellard Reade; 255, Guppy.
Hoang-ho	1900000	4000	—	3300 (1)	(1) Mellard Reade; 2350 Guppy.
Iang-ce-chiang	2000000	5200	—	22000	
Si-chiang	350000	1200	—	—	
Me-cong	900000	4000?	3300?	4500	
Me-nam	740000	1700	—	—	
Saluen	160000	1800	—	1500	
Iravaddi	500000	1700	—	13500	
Gange	930000	2500	3300	15000 (1)?	(1) 12000 sec. altre fonti; presso Ghazipur 5800 (M. R.)
Brahmaputra	940000	3500	4450 (1)	20000	(1) Sorg. del Sanpo.
Godavari	312000	1300	975	? (2)	(2) 4000 mc. in piena, 64 in magra.
Crisna	286000	1200	1334	(3)	(3) 35000 mc. in piena, 32 in magra.
Narbadda	99000	1250	750	(4)	(4) 70000 mc. in piena.
Indo	1072000	2500	4650	5500 (5)	(5) 5900 sec. altre fonti; 564 sec. il Mellard Reade.
Satlegi	—	1740	4650	—	
Tigri	700000	1700	630	6700 (6)	(6) Sec. il Mellard Reade 8400.
Eufrate		2900	2060		
Rion	21000	—	—	970	
Chisil Irmac	—	900	—	—	
Cidno	1400	—	—	20	
Giordano		220	518	—	
Cir o Cur	12000	950	2876	—	
Sir Daria o Sion	800000	1500	1870	250	
Amu Daria o Giôn (Ox.)	540000	2000	4145	95?	
Tarim	600000?	1400	—	—	
Ili (Balcash)	—	370	—	—	

Africa.

Nilo	3000000	6000	1497 (1)	3420-3700	(1) Sorg. del Scimiu a N. di Ugogo.
Bahr-el-Azreck, N. Azzurro	—	—	2740		
Scelif	38000	695	—	15?	
Draa		1150	—	—	
Senegal	1400000	1600	—	—	
Gambia	190000	740	—	—	
Cuora o Niger o Gioliba	2600000	4000	1000	—	
Ogué	300000?	850?	800	45000?	
Congo	3000000	4100	1650?	51000?	
Cuanza	300000	950	—	—	

Digitized by Google

Fiumi	Bacino in chilom. quadr.	Sviluppo del corso in chilom.	Alt. della sorgente in metri	Portata media mc. al sec.	Osservazioni
Cunene	270000	830	—	—	
Orange, Garip.	1100000	1700	2500 ?	—	
Limpopo	560000	1400	—	—	
Sambesi	1400000	2700	1200	—	
Rovuma	280000	720	—	—	
Giuba	600000	1600		—	
Sciari	1400000	—	—	—	
Australia.					
Murray (Darling)	1300000	2750	—	—	
Fiume dei Cigni (Schwan R).	—	300	—	—	
America.					
Jucon o Kwichpak	—	2000	—	—	
Fraser	—	1200	—	—	
Columbia (Oregon)	800000	1930	—	—	
Sacramento	—	750	—	—	
Colorado	520000	2000	—	200	
R. Gr. o Bravo del Norte	544000	3000	—	—	
Mississipi Missuri	3500000	6530	512	17500	
Jellowstone	—	1400	2264	—	
Missuri	1300000	4540	1600 ?	—	
Red River	260000	2100	—	—	
Arcansas	460000	2200	—	—	
Tenessee	107000	1900	—		
Ohio	500000	1700	—	—	
Alabama	114000	1650	—	300	
Potomac	—	670	—	—	
Hudson	—	480	1220	—	
S. Lorenzo	1200000	550 (1)	—	10000	(1) 3000 col corso super.
Nelson (Sascaciavan)	120 0000	2450	—	—	
Mackenzie	1500000	3200	—	—	
Atrato	34000	455	—	5200	
Magdalena	300000	1350	—	7500	
Orenoco	10 00 0	2500	1621	14000	
Essequibo	150000	850	—	—	
Maragnon (Amazz.)	70 0000	5700	4000 ?	70000	
Rio Negro	720000	2300	—	—	
Madeira	1200 00	3300	—	—	
Tocantins	800000	2100	—	—	
S. Francisco	670000	2800 ?	900	—	
Parahyba	4 00 0	1400	—	—	
Plata	3000000	4000	—	19800	
Paraguay	1 50000	2230	—	—	
Paranà	1900000	3200	—	—	
Uruguai	360000	1300	—	—	
Colorado	500000	1200	—	—	

PROSPETTO XXXIV.

TAVOLA DI ALCUNI FRA I PIU' IMPORTANTI LAGHI DEL GLOBO

(Dal KLÖDEN, dal WAGNER, dallo STRELBISTKY, ecc., e da alcune fonti originali).

	Superficie in chil. quadr.	Altezza sul livello marino in metri	Profondità sotto il pelo dell'acqua in metri	Osservazioni
Caspio	440000	— 26	946	
Elton a S. di Saratov	161	— 8	—	
Ladoga	18130	15	375	
Onega	9752	72	172	
Saima (Finlandia)	1760	76	—	
Païjane (»)	1576	80	—	

Digitized by Google

	Superficie in chil. quadr.	Altezza sul livello marino in metri	Profondità sotto il pelo dell'acqua in metri	Osservazioni
Callavesi (Cuopio ») ed altri . .	1264	100 ?	—	
Inari od Enare (Lapponia) . . .	1421	124	9	
Topozero (gov. di Olonez Russia) .	1065	—	—	
Segosero (» » » »). . .	1246	—	—	
Peipus e Pscovscoïe (Livonia) . .	3513	29	14	
Ilmen.	918	33	—	
Bielosero o Beloïe	1125	150	10	
Valdai	40	256	—	
Mälar	1687	0.3	50	
Wener	6238	44	89	
Wetter	1964	88	135	
Storsjön (63° N.)	560	390	30	
Miösen (Norvegia)	393	476	455	
Sinéie e Zméica (Rumania) . . .	664	—	—	
Czirnictz (di)	8	572	2-8	
Balaton o Platten	635	130	4-12	
Neusiedler	356	112	4 o 5	
Wörther see (Carinzia)	29	534	80	
Costanza (di) o Boden see . . .	538	398	276	
Zurigo (di)	68	409	142	
Zug (di)	40	417	218 (1)	(1) Ovvero 390m, sec. altre fonti.
Dei quattro Cantoni (Lucerna) . .	112	437	260	
Brienz (di)	26	565	261	
Thun (di)	43	560	217	
Sempach (di)	14	507	?	
Neufchatel (di) o Neunburger s. .	230	435	144	
Biel (di)	43	434	77	
Murten (di) o di Morat	27	435	48	
Ginevra (di) o Lemano	573	371	334	
Wallenstat (di)	22	425	144	
Chiemsee (Baviera)	89	503	163	
Traunsee (Austria sup.)	23	422	191	
Annecy (d') (Savoia)	32	443	50	
Maggiore (Langen see) o Verbano	210 (1)	195	854	(1) Strelbitsky; 200 sec. l'*Ann. Stat. ital.*
Lugano (di) o Ceresio.	55 (1)	272	279	(1) Strelb.; 49 chil. qu. sec. l'*Ann. Stat. ital.*, 1881.
Como (di) o Lario	154 (1)	199	588	(1) Strelb.; 156 chil. qu. sec. l'*Ann. Stat. ital.*
Varese (di)	16	235	26	
Iseo (d', o Sebino	62 (1)	189	300	(1) Strelb.; 58 chil. qu. sec. l'*Ann. Stat. ital.*
Idro (d')	14	379	122	
Garda (di) o Benaco	366 (1)	65	825	(1) Strelb.; 361 chil. qu. sec. l'*Ann. Stat. ital.*
Comacchio (di)	433	0	?	
Trasimeno o di Perugia	135	258	10	
Bolsena (di)	117	303	—	
Bracciano (di)	57	164	292	
Albano (d')	—	293		
Fucino o di Celano (prosciugato) .	(170)	650	—	
Salpi di (Puglia)	44	0	—	
Varano (di) »	50	0	—	
Scutari (di)	373	18 ?	—	
Ocrida	269	690	—	
Gianina (di)	38	520	—	
Copais o Topolias	214	97	—	
Ness (Scozia)	50	—	243	
Lough Neagh (Irlanda)	396	15	15	
Erne (Irlanda) super.	37	46	—	
Erne (Irlanda) infer.	113	45	68	
Corrib (Connaught) id.	184	9	—	
Dearg o Derg (Irl)	126	133	—	
Spirding (Prussia or.)	110	117	—	
Leba (Pomer.)	74	—	—	
Mar Menor (Spagna, Murcia) . .	164	0	—	

Digitized by Google

	Superficie in chil. quadr.	Altezza sul livello marino in metri	Profondità sotto il pelo dell'acqua in metri	Osservazioni
		Asia.		
Aral	67600	48	55	
Balcash	20600	238	23	
Saissan o Draisang	3900	410	13	
Ala-cul	—	240	—	
Issic-cul	6100	1524	—	
Durga-nur	—	960	—	
Chirghis-nur (Cobdo)	—	900	—	
Ubsa-nur (50° N.)	—	721	—	
Baical, Dengis, Sviatoi ecc.	34900	469	1373	
Cosso-gol (Siberia)	—	1683	—	
Lob-nur (scaric. del Tarim)	—	671	—	
Cucu-nur (fra il Cuen-lun e il Namsciam, Tibet)	—	3072	—	
Tengri-nur o Jang-nam-ciò (Tib.)	—	4629	—	
Palti o Piachti o Jam-doc-ciò (Tib.)	2800	4114	—	
Giomto-dong	—	4480	—	
Ascae Scin (Tibet)	—	5066	—	
Tunt-ting (Cina) bac. del Yang-ce	7300	—	—	
Po-jang » » » »	4200	—	—	
Tien-hai (Jünnan)	—	1950	—	
Mansaraur o Manasarovar(Satlegi)	—	4663	—	
Vular (Cashmir)	—	1580	—	
Pamir-cul		4153		
Cara-cul (lago dei Draghi) 39° N.	—	4054	—	
Sari, o Siri-cul		4062		
Hamun (Iran)	—	380	—	
Urumia (Persia) o Schiai göl	4500	1662	—	
Van (Armenia)	3700	1559	—	
Gotscia o Sevan (Arm. russa)	1000	1925	500	
Tus Ciölla (Asia Minore)	850	—	—	
Eregli	1038	—	—	
Hoiran göl	1048	—	—	
Merom o Bahr-el-nuleh (Palest.)	—	83	—	
Genezaret o di Tiberiade (Bahr Tabarieh)	170	—191	50	
Mar Morto o Asfaltite (Bahr Lut)	915	—394	560	
		Africa.		
Sciott el gharsa	Tunisi. 8000?	—21	—	
» » fegig o gerid		+16 a +31	—	
» » melghir		—31	—	
» » hodnar o lago salato di Msila (Alg.)	277	430	—	
Tsade	28000	250	4 o 5	
Natron (di)	—	—2	—	
Fajum (fondo dei laghi più bassi)	—	—29?	—	
Menzaleh (Suez)	2500	0	1	
Amari (laghi)	200	0	5-10	
Assal (Abissinia)	—	—195	—	
Tana o Tzana	3000	1942 (1755)	190?	
Mvutan Nzige o Albert	4700	670	—	
Uchereve o Niansa o Victoria	75000-80000	1237	80	
Tangagnica	36000	826	390 e più	
Moero Ocata	5000	900	—	
Bangueolo o Bomba	19700?	1124	—	
Cassali	5000	530	—	
Niassa	36800	480	—	
Scirva (a S. del precedente)	—	600	—	
Ngami	2000 (1)	894	—	(1) Nella stag. piovosa
Macaracara, palude a 21° S.	—	857	—	
		Australia.		
Austin (Austr. occid.)	—	427	—	
Moore	—	338	—	

Digitized by Google

	Superficie in chil. quadr.		Altezza sul livello marino in metri	Profondità sotto il pelo dell'acqua in metri	Osservazioni
Amedeo	5500 ?		203	—	
Eyre	—		21	—	
Torrens	7000 ?		23	—	
Gairdner	7300		112	—	
America.					
Gran lago degli Orsi	18200		13	26 ?	
Gran lago degli Schiavi	28000		—	—	
Athabasca	8600		213	—	
Dear (del Cervo)	7700				
Winnipeg	25200		205	—	
Winnipigosis	6000		163	—	
Nipigon	—		200	—	
Manitoba	4000		229	—	
Lake of the Wood (a SE dei prec.)	—		300	—	
Superiore	84000		191	310	
Michigan	64000		180	300	
Huron e.	61300	41000	180	208	
Georgia		2) 300			
Nipissing	2000		200		
Erie	25000		175	85	
Ontario	22000		73	220	
Champlain (a S. di Montreal)	1550		31	—	
Gran lago Salato	4700	5200	1286	16	
Utah	500		1372	?	
Itasca, sorg. del Mississ.	40		512	—	
Yellowstone (Wyoming)	500		2358	90	
Soda o Salt o Dry Lake (Calif.)	—		—66	—	
Chapala (Messico)	1100		1950	13	
Tezcuco (»)	206		2502	1-5	
Managua	—		48	9	
Nicaragua	8600		33	97	
Henriquillo (Haiti)	496		—	—	
Tacarigua (Venezuela)	700		431	—	
Maracaibo (laguna)	20300		0	—	
Titicaca, Uron, o Chaquito	8300		38241	218	
Aullaga	2800		3700	72 ?	
Chiquitos (Bolivia) 18° S.	—		290	—	
Chiquita (Argentina)	—		120 c.a	—	
Bebedero (») 34° S			120	—	
Guanacache (laguna de) a N° del pr.	1377		190 c.a	—	
Lanquihue (Chili)			56	—	

PROSPETTO XXXV.

PROSPETTO DELLE COSTIERE MARITTIME E DELLA CONDIZIONE DI LORO RILEVAMENTO NEL 1881

(G. B. MAGNAGHI, risposta alla questione 8.ª proposta al Congresso Geogr. intern. a Venezia).

1.ª Coste ben rilevate.

a) *nell'Europa, sull'Atlantico.*

Isole Britanniche.
Costa meridionale dell'Islanda.
Costa di Svezia e Norvegia da Cristiansund sino al fondo del golfo di Botnia nel Baltico.
Tutta la costa dal golfo di Finlandia, a quello di Guascogna, confine francese.

b) *nel Mediterraneo.*

Lo stretto di Gibilterra.
La costa francese e quella della Corsica.
La costa settentrionale e meridion. della Sardegna.
» » meridionale della Sicilia.
Isole Eolie, Faro di Messina, mar Jonio e mare Adriat.
Buona parte dell'Arcipelago Greco e costa occidentale del mar Nero.
Costa di Siria, delta del Nilo e Alessandria d'Egitto.
Costa d'Algeria.

c) *nell'Africa, oceano Atlantico ed Indiano.*

Da Tangeri a capo Blanco.
Dal Senegal al golfo di Biafra
La costa del capo di Buona Speranza dalla baja Elena a quella di Algoa.

Digitized by Google

Zanzibar.
La costa dal capo Guardafui a Bab el Mandeb.
Il golfo di Suez.

d) *coste dell'Asia e arcipelaghi finitimi.*

La costa dell Arabia da Aden a Mascate.
» » del Belucistan e quella dei possedimenti inglesi dell'India, ad eccezione della parte orientale di Ceilan e della Birmania inglese.
Alcuni tratti della penisola di Malacca.
Costa settentrionale di Borneo.
Saigon.
Parte delle Filippine.
Parti principali della Cina e del Giappone.
Costa di Petropaulowsk nel Camsciatca.

e) *coste dell'Australia e della Polinesia.*

La costa dal golfo Spencer a capo Townsend, che comprende la parte colonizzata dell'Australia, con Melbourne, Sydney ecc.
Lo stretto di Torres e alcuni pochi ancoraggi sulla costa settentrionale e occidentale dell'Australia.
Le isole Figi.
Parte della Nuova Zelanda.
Isole Sandwich e Tahiti.

f) *coste dell'America sul Pacifico.*

Possedimenti inglesi adiacenti all'is. di Vancouver.
Baia di S. Francisco.
Alcuni ancoraggi della costa di California e dell'America centrale.
Le coste della Columbia e dell'Ecuador dall'istmo di Panamà a Guayaquil.
Alcuni ancoraggi sulla costa peruviana e cilena. Lo stretto di Magellano ed alcuni passaggi nell'arcipelago sulla costa meridionale del Chilì.

g) *coste dell'America sull'Atlantico.*

Isole Falkland.
Gli ancoraggi di Montevideo e Buenos Ayres.
La costa del Brasile da Rio Janeiro a capo S. Rocco.
Demerara.
Isola Trinidad.
La costa di Honduras e Yucatan da S. Juan del Norte a capo Catoche.
Alcuni punti nel golfo del Messico e nell'isola di Cuba.
Le isole Bahama.
Le coste degli Stati Uniti e del Canadà da Nuova Orleans allo stretto di Belle Isle.
Le coste orientali dell'isola di Terranuova.

2.° Coste rilevate in modo insufficiente ai bisogni della moderna navigazione.

a) *coste dell'Europa sull'Atlantico.*

Costa settentrionale dell'Islanda.
» » della Norvegia.
» di Finlandia.
» di Spagna e di Portogallo ad eccezione degli ancoraggi principali.

b) *coste del Mediterraneo.*

Costa di Spagna.
» orientale ed occidentale della Sardegna.
» d'Italia dal golfo di Napoli a Paola di Calabria.
» settentrionale della Sicilia.
» della Morea.
» orientale e meridionale del mar Nero.
» del mare d'Azof.
» della Caramania e dell'isola di Cipro.
Costa dell'Africa da Alessandria a Bengasi e da Bengasi a Tunisi.

c) *coste dell'Africa sui due oceani.*

Isole del capo Verde.
Costa da capo Bianco al Senegal.
» » porto Nolloth a baia Elena.
» » baia Delagoa a baia Formosa (3° N.)
» occidentale del mar Rosso.

d) *coste dell'Asia e arcipelaghi contermini,*

Coste orientali del mar Rosso.
Tutto il golfo Persico.
Golfo di Gambay.
La costa del Decan da Vizagapatam a punta Palmira.
Le coste birmane, siamesi ed annamite.
La costa cinese da Canton a Nanchin.
Il golfo di Pecili.
Le isole meridionali del Giappone.
Le coste di Sumatra e di Giava.
La costa meridionale di Borneo.

e) *coste dell'Australia e della Polinesia.*

Le coste dell'Australia dal capo Leevin alla baia Melville.
Id. da capo York a capo Townsend.
Quasi tutta la costa della Tasmania.
Buona parte delle coste della N. Zelanda.
La Nuova Caledonia e molte isole della Polinesia.

f) *coste dell'America sul Pacifico.*

La costa occidentale dell'Aliasca.
Le coste dello stretto di Bering.
La costa dell'Oregon e della California da Vancouver a San Diego.
Parte della costa occidentale del golfo di California.
Mazatlan e costa del Guatemala da Tehuantepec a Panamà.
Alcuni tratti staccati sulle coste dell'Ecuador, del Perù, della Bolivia e del Chilì.
La costa del Chilì dall'isola di Chilo e al capo Horn.

g) *coste dell'America sull'Atlantico.*

La costa dal capo Horn a Rio Janeiro.
» » dal capo S. Rocco a Demerara.
» » dall'isola Trinidad all'istmo di Panamà.
» » delle isole di Cuba e S. Domingo.
» » settentrionale di Terranuova.
Un piccolo tratto della costa del Labrador dallo stretto di Belle Isle alle isole Eschimo.

3.° Coste appena esplorate o rilevate in modo imperfetto.

a) *coste dell'Europa sull'oc. Artico.*

La costa della Lapponia dal capo Nord al mar Bianco, inclusive.

b) *coste dell'Africa sui due oceani.*

Tutta la costa del Senegal a porto Nolloth.
La costa orientale di Madagascar.
» » dalla baia Formosa a capo Guardafui.

c) *coste dell'Asia e arcipelaghi contermini.*

La costa birmana nella penisola di Malacca.
» » orientale di Borneo.
» » di Mindanao, di Celebes, della N. Guinea ed isole adiacenti.
Buona parte delle coste del Giappone e della Corea.
Le coste della Siberia e di quasi tutta la penisola del Camsciatca.

Digitized by Google

d) *coste dell'Australia e Polinesia.*

Il golfo di Carpentaria dalla baia Melville a capo York.
Le coste meridionali dell'Australia da Albany all'Arcipelago Nuyts.
Molte delle piccole isole sparse nel Pacifico.

e) *coste dell'America sul Pacifico.*

La costa dell'Aliasca dall'isola di Codiac a quella della regina Carlotta.
La costa messicana della California ad eccezione dei tratti più sopra accennati.
La costa da Acapulco a S. Juan del Sur.
Quasi tutta la costa dell'America meridionale da Payta — a Chiloe.

f) *coste dell'America sull'Atlantico e sull'Artico.*

Le coste del Labrador, della baia d'Hudson ecc.
» » orientale ed occidentale della Groenlandia.

PROSPETTO XXXVI.

GRADO GEOTERMICO

rilevato in alcuni fra i più importanti pozzi, tunnels e miniere, secondo i dati raccolti dall'Assoc. Britann. per l'avanzamento delle scienze.

(Dal *Bollett. dell'Assoc. Meteor. ital.*, Serie II, vol. IV (1884), N. 5, pag. 75).

LOCALITA'	Profondità alla quale si spinsero le osservazioni. Metri	Grado geotermico o num. di metri necessario perchè la temp. aumenti di 1.° del centigrado
Stabilimento idraulico di Bootle, Inghilterra	424	71.3
Miniera di Prizibran, Boemia	579	69.1
Galleria del Gottardo, Svizzera (1)	1700	45.0
Miniera di piombo di Talargoch, Inghilterra, Flint	317	43.9
Galleria del Fréjus, confine italo-francese (2)	1609	43.4
Miniera carbonifera di Nook Pitt, Inghilterra	320	43.4
» » » Bredbury, » Manchester	311	43.0
» » » Ashton Moos » Manchester	850	42.3
» » » Denton » Manchester	401	42.3
» » » Ponty pridd, Galles del Sud	259	41.8
» di Schemnitz, Ungheria (3)	417	40.5
» carbonifera di Astley Pitt, Dukinsield, Inghilterra	823	39.4
» » » Monkwearmouth, » Durham	483	38.3
Pozzo di Scarle, Inghilterra, Lincoln	610	37.8
» » Manegaon, India	94	37.3
Miniera carbonifera di Kingoword, Inghilterra, Bristol	539	37.3
» » » Radstock, » , Bath	186	34.0
» » » South Hetton, » , Durham	538	31.5
Pozzo artesiano di Grenelle, Parigi (4)	400	31.3
» » » S. Andrea »	253	31.8
» » della scuola militare, Parigi	173	30.8
» » di Kentish Town, Londra	335	30.2
Miniera carbonifera di Rosebridge, Inghilterra, Wigan	745	29.7
Pozzo di Kirkland Newk, Scozia, Glascow	108	29.0
Miniera di Jacutsc, Siberia	165	28.4
Pozzo di Sperenberg, Berlino (5)	1064	28.3
Miniera carbonifera di Seraing, Belgio	505	27.4
Pozzo di Blythsword, Scozia, Glascow	106	27.4
Miniera carbonifera di Boldon, Inghilterra, Durham	461	26.8

(1) Secondo lo Stapff, che studiò accuratamente i fenomeni termici della galleria del Gottardo, il grado geotermico medio risultante dai disparatissimi dati ivi ottenuti, sarebbe di $48^{m}.4$ per 1.° centigrado. Invece il Lapparent facendo alcune particolari correzioni ed esclusioni, lo riduce a circa 30 metri.

(2) Secondo i nostri computi il grado geotermico medio risultante dalle osservazioni del Frejus sarebbe di circa $49^{m}.5$ per 1.°. Il Lapparent operando analogamente a quanto credette di fare pel Gottardo, lo riduce a 30 metri.

(3) Il grado geotermico rilevato nella miniera di Schemnitz, secondo lo Schwartz (*Nature*, 11 aprile 1878) sarebbe di $41^{m}.4$ per 1.° centigr.

(4) La profondità del pozzo di Grenelle a Parigi sarebbe di 548^{m}; il grado geotermico medio tra 10^{m}. e 548^{m}. dalla bocca, secondo il Lapparent è di $31.^{m}8$ per 1.° centigr.

(5) Il pozzo di Sperenberg veramente si sprofonda per 1269^{m}. (4042 piedi renani) e il grado geotermico medio è di circa 38^{m}. Su ciò vedi il nostro testo.

Digitized by Google

LOCALITA'	Profondità alla quale si spinsero le osservazioni Metri	Grado geotermico o num. di metri necessario perchè la temp. aumenti di 1.° del centigrado
Miniera d'Anzin, Francia settentr. (1)	201	25.7
» carbonifera di Whitehaven, Inghilterra, Cumberland	381	24.7
Pozzo di Pietroburgo, Russia	200	24.1
Salina di Garrickfergus, Irlanda	235	23.5
Pozzo di South Balgray, Scozia, Glascow	160	22.5
Salina di Garrickfergus, Irlanda	183	22.1
Miniera di Weardale, Inghilterra, Northumberland	201	18.7
(*Dati assunti da varie altre fonti*).		
Pozzi artesiani di St. Ouen presso Parigi (Arago, 1835)	75	44.6
Pozzo di Pregny presso Ginevra (De la Rive, 1835)	222	40.7
» » Artern in Turingia	333	40.0
» della salina Zweitzer-Zell presso Basilea (Merlan, 1838)	124	38.6
Miniera di Giromagny (Gensonne, 1740)	433	32.5
» » Freyberg, Beschertglück (d'Aubuisson, 1802)	300	32.0
Tunnel di Pfaffensprung (ferrovia del Gottardo) (Koch, 1882)	430	32.0
Pozzo di Mondorft nel Luxemburg (2) (Walferdin, 1845)	502	31.0
Miniere di Weeal Abrahm, Cornovaglia (Lean, 1815)	366	31.0
Pozzo di Mouillelonge, al Creusot	816	30.7
» » Torcy, » »	554	30.7
Miniera di Freyberg, Junghohebirke (d'Aubuisson, 1802)	315	30.5
» » » Himmelfahrt, (» » »)	250	30.0
Pozzo di Rüdersdorf, presso Berlino (3) (Magnus)	290	30.0
» » Neusalzwerk, in Westfalia pr. Minden (Dechen)	644	29.2
Miniera carb. di Newcastle (sec. Heckel, cit. da Zoppritz)	461	26.9
Pozzo 1.° Chabaud-Latour, in Anzin (Marsilly, 1877)	200	26.7
» di Pitzbühl, presso Magdeburgo (4) (Magnus)	151	26.5
» di Astracan (Kupfer)	120	26.1
Miniere di Poullaouen (d'Aubuisson, 1806)	230	21.5
Pozzo 2.° Chabaud-Latour, in Anzin (Marsilly, 1877)	185	20.7
» della Rochelle	126	20.1
» 3.°, Chabaud-Latour, in Anzin (Marsilly, 1877)	144	15.4
Pozzi Renard, in Anzin (Marsilly, 1877)	135	15.4
Pozzo artesiano di Monte Massi in Toscana (Matteucci, 1843)	348	13.0
» » del boschetto di città di Pest (Zsigmondy, 1877)	900	12.6
» » di Neuffen nel Würtenberg	385	10.5

PROSPETTO XXXVII.

LA PRESSIONE ATMOSFERICA E SUA DIMINUZIONE A SECONDA DELL'ALTITUDINE

(HANN, *Handb. der Klimat.*, pag. 139).

Altitudine in metri	Temperatura al livello marino. 0°	5°	10°	15°	20°	25° Media pressione in millimetri.	Variaz. nella pressione per 1° di temper. mm.	Differenza d'altezza per 1mm. di pressione. m.
0	762	762	762	762	762	762	0.00	10.5
500	716	716	717	718	719	720	0.16	11.1
1000	671	673	675	676	678	679	0.32	11.8
1500	630	632	634	636	639	641	0.44	12.5
2000	590	593	596	599	601	604	0.56	13.4
2500	553	556	559	563	566	569	0.67	14.2
3000	517	521	525	529	532	536	0.76	15.1
3500	484	488	492	497	501	505	0.84	16.1
4000	452	457	461	466	470	475	0.91	17.2
5000	394	399	404	410	415	420	1.02	19.6
6000	343	348	353	359	364	370	1.09	22.5

(1) Il dato della profondità corrisponde a quello che il Lapparent offre per uno fra i pozzi della miniera d'Anzin, cioè pel pozzo 1.° Chabaud-Latour; ma il grado geotermico che lo stesso autore gli attribuisce è veramente di $26^{m}7$ per 1° cent. Vedi anche il nostro testo.

Aggiungiamo quindi alle precedenti, le notizie riguardanti qualche altra esperienza intorno al medesimo soggetto del grado geotermico di alcuni pozzi o miniere.

(2) Fu approfondato veramente fino a 730^{m}; ma la polla di cui si misurò la temperatura scorga a 502^{m}. dalla bocca del pozzo. Lo Schmid dà per grado geotermico $38.^{m}8$ per 1.° centigrado.

(3) Lo Schimd dà per grado geotermico $20^{m}.4$ (1).

(4) » » » » » » 37.5 (1).

NB. I dati precedenti furono tolti specialmente da Arago, Lapparent, Schmid e Zöppritz, Koch, dei quali vedi la bibliografia nel testo.

Digitized by Google

PROSPETTO XXXVIII.

TAVOLA DI ALCUNE LOCALITA' PIU' CARATTERISTICHE DEL GLOBO DIVISE PER ZONE IETOGRAFICHE O PLUVIOMETRICHE

(Dnl WOJEICOFF, dall'HANN, dal FISCHER, dal KLÖDEN, dal RICCI, e da alcune fonti originali).

Latitudine	Località	Quantità dell'acqua caduta in millimetri				
		Inverno	Primavera	Estato	Autunno	Anno
Zona delle pioggie equatoriali.						
0° 14′ S.	Quito (2850m)	314	411	143	317	1185
4 35 N.	Bogota (2660)	334	517	310	617	1878
9 23 »	Aspinwall (istmo di Panamà)	375	371	1041	1302	3089
4 56 »	Cajenna	1124	1653	609	129	3515
2 1/2 S.	Maranhao (Brasile)	—	—	—	—	7110
8 29 N.	Sierra Leona (9 anni)	53	303	1729	1446	3331
3 46 »	Fernando Po	146	653	724	1034	2557
Zona delle pioggie alisee.						
14 54 N.	Praia, Santiago (Is. del Capoverde)	20	0	115	188	323
7 55 S.	Ascensione (16 anni)	27	8	2	47	84
1 4 »	Is. Baker (Pacifico)	—	—	—	—	100?
Zona delle piogge tropicali.						
23 9 N.	Avana (30 anni)	181	224	390	380	1275
14 37 »	Guatemala (6 anni)	19	328	781	422	1460
19 26 »	Mexico (2266m) — 14 anni	47	41	502	56	646
10 30 »	Caracas (927m)	43	88	330	330	791
8 4 S.	Pernambuco	321	1136	1106	189	2752
22 54 »	Rio de Janeiro	389	357	142	326	1214
27 28 »	Corrientes	467	500	199	338	1504
14 40 N.	Gorea (10 anni)	2	0	402	128	532
0 25 »	Gabun	610	829	64	1185	2688
4 S.	Mombas	130	596	348	344	1418
6 10 »	Zanzibar	525	1275	250	450	2500
18 46 »	Antanarivo (Madag.)	551	231	66	135	983
27 5 »	Brisbane (Austr.) (17 anni)	486	398	249	197	1330
17 32 »	Papiti (8 anni) Tahiti	528	426	57	200	1211
22 18 »	Numea (N.ª Caledonia)	510	440	315	345	1610
Zona delle piogge subtropicali.						
38 8 N.	S. Miguel (Azorre)	333	207	99	261	900
32 38 »	Funchal (Madera)	356	133	22	228	739
38 42 »	Lisbona (72)	269	223	24	233	754
40 25 »	Madrid (656m)	95	126	52	115	388
36 6 »	Gibilterra (455m)	310	189	23	235	757
36 47 »	Algeri (20)	293	192	28	202	715
32 30 »	Tell Algerino (media di 5 staz.)	77	112	34	87	310
31 46 »	Gerusalemme (762m)	351	137	0	60	548
37 3 »	Siracusa (13 anni c.ª)	172	89	7	205	473
37 30 »	Catania (17 anni)	199	94	12	169	474
38 8 »	Palermo (77 anni)	225	200	30	140	595
39 13 »	Cagliari, Le Saline (30)	136	119	28	152	435
39 19 »	Cosenza (10 anni)	474	289	69	370	1202
40 52 »	Napoli Capodim. (62 anni)	263	181	80	299	823
41 8 »	Bari (16-17 anni)	132	129	88	180	529
43 7 »	Tolone	111	115	44	207	477
43 18 »	Marsiglia	133	118	55	206	512
42 38 »	Ragusa	535	325	146	617	1623
40 27 »	Valona	320	187	64	505	1076
37 58 »	Atene (113m)	150	77	27	131	385
38 26 »	Smirne	262	146	24	177	609
34 4 »	Lencoran-Caucasia	354	239	99	620	1312
40 22 »	Bacu (31)	121	70	24	114	329
42 40 »	Tashchent-Turchestan	130	127	6	47	310

Digitized by Google

Latitudine	Località	Quantità dell'acqua caduta in millimetri				
		Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno
32°-42° N.	California (8 staz.)	319	132	11	88	550
38° 35' »	Sacramento	217	229	0	95	541
34 S.	Costa del Chili	8	92	240	60	400
33 »	Valparaiso	7	78	205	41	341
41 »	Costa del Chili	317	835	1267	461	2880
39 53 »	Valdivia	264	881	1344	439	2928
33 56 »	Capetown (Città del Capo)	54	163	320	143	680
— »	Costa SO dell'Africa Austr.	29	86	162	83	360
31 57 »	Perth (Austr. occ.)	32	186	437	97	809
34 53 »	Adelaide (Austr. occ.)	60	141	169	174	544
	Zona delle piogge dei monsoni.					
6 56 N.	Colombo (Ceilan)	273	745	767	759	2224
7 42 »	Batticaloa (»)	657	165	138	525	1485
12 52 »	Mangalore	21	289	2560	555	3425
13 4 »	Madras	157	88	262	725	1232
17 57 »	Mahalabaleshvar (1387m.)	21	73	5422	944	6460
18 54 »	Bombay	5	16	1536	324	1881
31 34 »	Lahore (223m)	63	64	342	76	545
28 40 »	Delhi (219m)	49	51	468	132	890
27 41 »	Catmandu (1415m)	87	151	791	297	1325
22 33 »	Calcutta	48	232	980	407	1667
25 14 »	Scerrapungi (1250m)	95	2314	8288	1829	12526
16 29 »	Molmein (Birm. ingl.)	1	611	3151	1034	4797
13 38 »	Bangcoc	20	348	555	564	1487
22 11 »	Hongcong	63	399	1114	572	2148
14 36 »	Manila-Filippine	78	122	960	745	1905
31 12 »	Zi-ca-vei (presso Sciang-hai)	89	125	542	221	1016
39 54 »	Pechino (97m)	13	61	476	102	652
41 46 »	Hacodadi (Giappone-Jeso)	117	169	482	339	1107
38 1 »	Gnigata (Giapp. occ.)	372	304	439	575	1690
1 3 »	Singapure	643	511	571	676	2401
6 8 S	Batavia (Giava)	971	382	206	309	1868
6 36 »	Buitenzorg (280) (Giava)	1316	1197	871	1072	4455
12 5 »	Port Darwin (Austr. Sett.)	962	465	0	156	1583
16 38 »	Delanasau (Viti o Figi)	1247	852	209	410	2718
17 0 »	Cara Valu (172m)	1465	2002	1771	1043	6281
	Zona delle piogge in ogni stagione.					
	a) *con prevalenza autunnale*					
41 9 »	Porto-Portogallo	315	257	243	615	1430
41 22 »	Barcellona	88	125	83	194	490
43 36 »	Montpellier	232	184	106	301	823
45 46 »	Lione (295m)	131	184	226	235	776
46 12 »	Ginevra (406m)	128	176	219	269	792
45 4 »	Torino (275m), 18 anni	112	261	233	221	827
44 24 »	Genova (48m), 50 »	330	280	166	532	1308
43 47 »	Firenze (73m), 51 »	230	233	132	322	917
43 18 »	Siena (349m), 43 »	165	202	120	288	784
41 54 »	Roma (50m). 58 »	213	178	81	287	760
45 28 »	Milano (147m), 119 »	193	250	236	321	1000
45 33 »	Vicenza (56m), 25 »	222	306	270	361	1159
46 24 »	Padova (39m), 158 »	166	218	218	259	861
46 4 »	Udine (116m) 56 »	268	348	450	485	1551
46 24 »	Tolmezzo (320m) 6 »	—	—	—	—	2179
44 30 »	Bologna (84m), 70 anni	127	164	130	214	635
43 37 »	Ancona (30m), 20 »	175	160	132	261	728
43 6 »	Camerino (678m) 36 »	252	259	189	326	1027
45 38 »	Trieste	197	251	241	404	1053
44 7 »	Zara	235	146	132	263	773
41 0 »	Costantinopoli	259	126	105	210	700
42 4 »	Derbend	107	71	87	141	406
43 29 »	Baiona	233	269	303	442	1247
44 50 »	Bordeaux	184	141	158	176	659

Digitized by Google

Latitudine	Località	Quantità dell'acqua caduta in millimetri				
		Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno
47° 13' N.	Nantes	266	282	276	379	1303
50 54 »	Southampton	235	160	209	282	886
51 27 »	Bristol	121	142	137	191	591
53 23 »	Dublino	173	149	205	213	740
53 25 »	Liverpool	186	157	249	275	867
54 32 »	Seathwaite-Cumberland (128m)	835	675	896	1006	3412
55 51 »	Glascow	135	97	162	148	542
60 24 »	Bergen-Norvegia	464	310	361	585	1720
64 8 »	Reikiavic-Islanda	233	158	143	218	752
44-49 »	Terranuova e N.a Scozia (media)	292	257	253	318	1120
57 3 »	Sitca (Aliasca)	626	409	391	829	2255
37 50 »	Melbourne (Australia)	224	147	76	144	591
	b) *con distribuz. quasi uniforme lungo l'anno.*					
43 36 »	Tolosa (52m)	131	177	150	168	626
46 35 »	Poitiers (118m)	147	134	125	175	581
47 19 »	Digione (245m)	145	156	168	217	696
48 50 »	Parigi (64m)	121	145	174	139	579
48 57 »	Chalons sur Marne (82m)	145	138	157	155	585
48 42 »	Nancy (200m)	190	221	240	238	889
50 51 »	Bruxelles (58m)	163	157	211	183	714
52 23 »	Amsterdam	138	137	215	179	669
53 13 »	Groninga	153	147	240	181	721
51 31 »	Londra	102	96	143	251	611
53 29 »	Manchester (47m)	203	175	251	270	902
55 57 »	Edimburgo (88m)	139	118	158	177	592
48 35 »	Strasburgo (144m)	112	157	228	172	669
50 56 »	Colonia	108	144	184	154	590
52 31 »	Berlino (59m)	128	126	196	133	593
54 19 »	Kiel	186	124	198	143	651
55 41 »	Copenhagen	127	117	182	163	589
60 27 »	Abo	119	99	184	200	602
47 29 »	Buda	83	110	114	127	434
44 48 »	Belgrado	123	161	219	160	663
42 53 S.	Hobarttown (Tasmania)	178	154	119	142	593
42 42 »	Hochitica — N. Zelanda merid.	775	717	690	688	2872
	c) *con prevalenza estiva.*					
47 23 N.	Zurigo (412m)	176	273	385	264	1098
48 9 »	Monaco (526m)	154	196	268	194	812
48 13 »	Vienna (194m)	106	161	293	125	595
45 47 »	Hermannstadt (430m) Transilvania	82	137	313	131	663
49 12 »	Brünn (219m)	77	115	179	128	493
50 5 »	Praga (191m)	84	113	174	98	469
50 51 »	Gotha (308m)	122	138	209	142	611
51 6 »	Breslavia (140m)	106	122	207	123	558
52 13 »	Varsavia (111m)	86	114	214	165	579
54 43 »	Könisberg	135	106	184	177	602
59 21 »	Stoccolma (11m)	77	83	193	169	522
59 55 »	Cristiania (14m)	83	88	198	169	538
56 57 »	Riga	77	101	137	115	480
59 56 »	Pietroburgo	67	88	165	102	422
52 57 »	Orel (170m)	130	162	190	117	599
46 58 »	Nicolajeff	56	76	125	73	330
41 42 »	Tiflis (453m)	57	165	192	87	501
51 45 »	Oremburg (110m)	76	103	162	108	449
56 29 »	Catharinenburg (270m)	37	51	174	78	340
58 12 »	Tobolsc (50m)	50	69	234	106	459
53 20 »	Barnaul (140m)	25	35	118	53	231
46 49 »	Quebec	212	232	274	292	1010
43 8 »	Rochester (166m)	144	179	221	241	785
40 42 »	N. York	314	277	296	320	1207
41 48 »	Chicago	144	191	290	207	942
38 37 »	S. Luigi del Missuri	163	267	345	209	954

Digitized by Google

Latitudine	Località	Quantità dell'acqua caduta in millimetri Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno
36° 10' S.	Nashville-Tennessee	304	382	368	343	1397
32 45 »	Charleston-Carolina	239	213	474	295	1221
29 59 »	N. Orleans	299	262	389	260	1210
26 19 »	Tucuman (465m) Argentina	457	234	35	172	898
31 24 »	Cordoba (470m) »	345	152	34	159	690
37 24 »	Buenos Aires, prov. (4 staz.)	205	158	119	178	660
?38 45 »	Baia Blanca (Argentina)	137	147	64	142	490
— —	Costa SE dell'Africa austr. (4 staz.)	254	175	71	150	650
— —	Natal (4 stazioni)	361	228	85	276	950
29 50 »	Porto Urban-Natal	414	267	98	316	1090
33 51 »	Sydney (47m) — Austr. del sud-est	338	443	287	245	1293
Territori artici con scarsa precipitazione.						
69 12 N.	Jakobshavn (Groenl.)	—	—	—	—	210
72 48 »	Uppernivic	—	—	—	—	250
Zone desertiche o subdesertiche.						
34 51 »	Biscra (123m) Algeria	57	89	15	60	221
31 11 »	Alessandria d'Egitto (12m)	142	25	0	48	215
31 19 »	Porto Said	34	10	0	8	52
	Suez					28
30 2 »	Cairo					34
— —	Belucistan					130
46 21 »	Astracan	58	9	52	24	143
51 11 »	Uralsc (23m)	64	10	55	26	155
42 27 »	Nucuss (66m) sull'Amu Daria	25	31	20	13	89
46 56 »	Urga (1320m) Mongolia	7	38	198	8	251
— —	Caroo-Africa Austr. (8 stazioni)	102	109	44	85	340
— —	Picc. Namaqua id. (3 stazioni)	20	48	108	44	220
32 44 »	Fort Yuma-California (61m)	—	—	—	—	99
47 30 »	» Shaw-Montana (1829m)	—	—	—	—	176
35 2 »	Mohave-Arizona (184m)	—	—	—	—	118
36 50 »	Independence-California (1463m)	—	—	—	—	168
37 32 »	Fort Garland-Colorado (2550m)	—	—	—	—	155
27 22 S.	Copiapo } Chili	—	—	—	—	8
29 54 »	Serena }	—	—	—	—	40
27 7 »	Australia - lungo la linea telegr.	78	23	21	18	130

PROSPETTO XXXIX.

TAVOLA DI ALCUNE LOCALITA' PIU' CARATTERISTICHE DEL GLOBO DIVISE PER ZONE DI TEMPERATURA

Luoghi del bacino del Mediterraneo o di bacini ad esso adiacenti.

	Località	Latitudine	Longit. (Gr.)	Altitudine	Temperatura di Gennaio	Luglio	Anno
1	Gibi terra	36° 6'	5h 21' O	15m	12°.2	23°.5	17°.3
2	Orano	35 44	0 39 »	50	9.9	24.6	16.9
3	Algeri	36 48	3 3 E	20	12.1	25.0	18.1
4	Tunisi	36 48	10 11 »	—	11.3	27.3	19.6
5	Aumale	36 9	3 41 »	910	6.1	26.9	15.1
6	Mascara	35 26	C 8 »	630	9.7	27.0	17.4
7	Malta	35 53	14 30 »	34	13.0	26.2	19.0
8	Larnaka	34 57	33 39 »	—	10.2	29.4	22.8
9	Beirut	33 54	35 26 »	34	12.9	27 8	24.2
10	Gerusalemme	31 47	35 13 »	770	8.5	24.5	20.8

Digitized by Google

	Località	Latitudine	Longit. (Gr.)	Altitudine	Temperatura di Gennaio	Temperatura di Luglio	Temperatura di Anno
11	Alessandria	31°12'	29°54' E	—m	14°.9	26°.4	23°.9
12	Cairo	29 59	31 18 »	29	12.1	29.0	22.8
13	Bagdad	33 21	44 26 »	—	9.7	34.9	24.8
14	Mossul	36 22	43 14 »	—	7.0	34.2	22.4
15	Azorre	38 8	26 35 O	37	13.8	22.0	17.2
16	Lisbona	38 43	9 8 »	102	10.3	21.7	15.6
17	Coimbra	40 13	8 26 »	—	9.6	20.9	14.8
18	Santiago	42 53	8 33 »	273	7.5	19.0	12.9
19	Oviedo	43 23	5 48 »	225	6.4	18.9	12.5
20	Madrid	40 25	3 41 »	655	4.9	24.5	13.5
21	Valladolid	41 39	4 47 »	760	2.6	21.1	11.7
22	Barcellona	41 22	2 10 E	15	8.9	26.0	16.9
23	Minorca	39 55	4 20 »	—	10.9	25.2	17.4
24	Montpellier	43 37	3 53 »	60	5.6	24.3	14.4
25	Avignone	43 57	4 48 »	22	4.8	23.8	14.0
26	Marsiglia	43 18	5 22 »	45	6.4	22.1	14.3
27	Nizza	43 41	7 6 »	20	8 4	23 9	15.7
28	Ajaccio	41 55	8 44 »	18	10.2	25.6	17.6
29	Palermo	38 7	13 25 »	72	11.0	25.4	17.9
30	Siracusa	37 3	15 15 »	13	11.1	26.5	18.2
31	Udine	46 4	13 13 »	116	3.1	23.5	12.9
32	Vicenza	45 33	11 32 »	56	1.6	24.0	12.7
33	Brescia	45 32	10 13 »	172	1.4	24.2	13.0
34	Milano	45 28	9 11 »	147	0.5	24.7	12.8
35	Venezia	45 26	12 20 »	21	2.7	24.6	13.5
36	Padova	45 24	11 50 »	31	1.8	23.8	12.8
37	Pavia	45 11	9 9 »	98	0.4	24.5	12.8
38	Torino	45 4	7 41 »	275	0.2	23.2	12.0
39	Alessandria	44 54	8 37 »	98	— 0 3	24.1	12.3
40	Modena	44 39	10 56 »	64	1.3	24.6	13.2
41	Bologna	44 30	11 20 »	84	2.0	25.5	13.8
42	Genova	44 24	8 55 »	54	7.8	24.5	15.9
43	Firenze	43 46	11 15 »	73	5.0	25.1	14.6
44	Urbino	43 43	12 38 »	451	2.9	23.1	12.5
45	Ancona	43 37	13 31 »	30	5.5	26.3	15.6
46	Livorno	43 33	10 18 »	24	7.1	24.3	15.4
47	Roma	41 54	12 29 »	50	6.7	24.6	15.3
48	Napoli	40 50	14 15 »	57	8.2	24.3	15.9
49	Lecce	40 22	18 12 »	72	8 7	25.7	17.0
50	Trieste	45 39	13 46 »	26	4.4	24.2	14.2
51	Fiume	45 19	14 27 »	23	5.8	24.0	14.5
52	Pola	44 52	13 51 »	32	5.8	24.9	15.0
53	Lesina	43 11	16 27 »	23	8.8	25.2	16.6
54	Ragusa	42 38	18 7 »	15	8.8	25.4	16.8
55	Cortù	39 37	19 56 »	30	10.2	26.3	17.8
56	Janina	39 37	20 51 »	478	4.1	23.9	16.3
57	Atene	37 58	23 44 »	90	8.1	26.9	18.5
58	Smirne	38 26	27 10 »	—	8.2	26.7	18.7
59	Trebisonda	41 1	39 45 »	23	6.8	24.3	18.5
60	Tiflis	41 43	44 47 »	430	0.5	24.3	14.0
61	Erivan	40 10	44 30 »	960	— 0.9	26.7	12.7

Località dell' ovest e nordovest d'Europa.

62	Tolosa	43 37	1 28 O	180	4.0	21.4	12.6
63	Bordeaux	44 51	0 34 »	12	5.6	20.6	12.8
64	Brest	48 23	4 27 »	65	6.3	17 9	11.7
65	Lione	45 45	4 49 E	280	2.4	21.2	11.5
66	Parigi	48 50	2 20 »	34	2 0	18.3	10.3
67	Bruxelles	50 51	4 22 »	57	2.0	18.0	9.9
68	Utrecht	52 5	5 8 »	13	1.5	18.4	9.9
69	Münster	51 58	7 37 »	63	1.2	17.5	9.3
70	Hannover	52 22	9 44 »	58	0.5	17.9	9.1
71	Amburgo	53 33	9 58 »	20	— 0.4	17.3	8.5
72	Kiel	54 19	10 9 »	4	0.4	17.0	8.3
73	Kopenhagen	55 41	12 33 »	13	— 0.4	16.6	7.4
74	Guernesey	49 28	2 32 O	62	6.1	16.4	10.8
75	Plymouth	50 22	4 10 »	21	5 8	16.6	10.7

Digitized by Google

	Località	Latitudine	Longit. (Gr.)	Altitudine	Temperatura di Gennaio	Luglio	Anno
76	Londra	51° 33'	0° 7' O	37m	3°.5	17°.9	10°.3
77	Cambridge	52 13	0 6 E	12	3.7	17.6	10.2
78	Birmingham	52 28	1 54 O	104	2 9	16.7	9.3
79	Liverpool	53 25	3 0 »	9	4.8	16.9	10.3
80	Edimburgo	55 56	3 11 »	82	3.0	14.6	8.2
81	Aberdeen	57 9	2 6 »	31	2.9	14.2	7.9
82	Thurso	58 36	3 31 »	15	3.1	13.5	7.9
83	Thorshaven	62 2	6 44 »	9	3.1	10.9	6.3
84	Belfast	54 36	5 56 »	20	4.4	15.4	9.3
85	Dublino	53 22	6 21 »	48	4.7	15.4	9.5
86	Valentia	51 55	10 18 »	7	7.4	15.3	10.8
87	Skudesnes	59 9	5 16 E	11	1.1	14.1	7.1
88	Bergen	60 24	5 20 »	15	0.8	14.5	6.9
89	Bodö	67 17	14 24 »	10	—3.2	12.5	3.6
90	Fruholm	71 6	23 59 »	16	—4.7	9.9	1.9
91	Hammerfest	70 42	23 44 »	10	—5.2	11.8	1.9
92	Christiania	59 55	10 45 »	23	—5.1	16.5	5.2
93	Kalmar	56 40	16 21 »	—	—1.1	16.8	6.8
94	Goteborg	57 42	11 58 »	—	—1.3	16.7	6.9
95	Stoccolma	59 17	18 3 »	—	—3.7	16.4	5.2
96	Hernösand	62 38	17 57 »	—	—7.4	15.0	2.8
97	Haparanda	65 51	24 11 »	—	—13.1	15.2	0.0

Località della media Europa.

98	Colonia	50 55	6 57 E	60	1.6	18 7	10.1
99	Francoforte (sul Meno)	50 7	8 41 »	103	—0.1	19.6	9.8
100	Erfurt	50 59	11 2 »	202	—1.3	17.6	8.3
101	Halle	51 31	11 57 »	111	—0.2	18.7	8.9
102	Lipsia	51 20	12 21 »	119	—1.2	18.0	8.5
103	Dresda	51 3	13 44 »	129	—0 3	18.5	9.2
104	Berlino	52 30	13 24 »	48	—0.8	18.8	9.0
105	Francoforte (sull'Oder)	52 22	14 32 »	43	—1.6	18.4	8.5
106	Schwerin	53 38	11 25 »	57	—0.6	17.6	8.3
107	Rostock	54 6	12 8 »	16	—0.5	17.5	8.3
108	Stettino	53 26	14 35 »	42	—1.5	18.1	8.3
109	Danzica	54 21	18 40 »	22	—1.5	17.9	7.6
110	Königsberg	54 43	20 30 »	23	—3.9	17 3	6.6
111	Varsavia	52 13	21 2 »	120	—4.4	18 6	7.2
112	Posen	52 25	16 55 »	82	—2.6	18.4	7.9
113	Görlitz	51 9	14 59 »	217	—2.1	17 6	7.9
114	Breslavia	51 7	17 2 »	147	—2.2	18.5	8.3
115	Praga	50 5	14 26 »	202	—1.4	19.6	9.3
116	Brünn	49 11	16 36 »	225	—2.5	19.8	8.9
117	Cracovia	50 4	19 57 »	220	—4.2	18.9	7.9
118	Lemberg (Leopoli)	49 50	24 2 »	298	—4.1	19.5	8.1
119	Czernowitz	48 17	25 57 »	257	—4.0	19.9	8.1
120	Vienna	48 12	16 22 »	197	—1.7	20.5	9.7
121	Budapest	47 30	19 2 »	153	—1.4	22.3	10.7
122	Szegedin	46 15	20 9 »	89	—1.1	22.8	11.3
123	Hermannstadt	45 47	24 9 »	414	—3.9	19.3	8.6
124	Strasburgo	48 34	7 45 »	144	—0.3	19.2	10.2
125	Basilea	47 33	7 35 »	278	0.1	19.1	9.4
126	Stoccarda	48 46	9 10 »	258	0 4	18.8	9.6
127	Ulma	48 24	10 0 »	478	—2.0	18.1	8.2
128	Baireuth	49 57	11 35 »	345	—2 3	17.2	7.6
129	Ratisbona	49 1	12 6 »	359	—3.2	18.3	8.1
130	Monaco	48 9	11 34 »	528	—3.0	17.3	7.5
131	Linz	48 16	14 14 »	377	—2 7	19.1	8.5
132	Zurigo	47 23	8 33 »	470	—1.2	18.7	8.6
133	Berna	46 57	7 27 »	574	—1.8	18 2	8.1
134	Ginevra	46 12	6 9 »	408	0.1	19.3	9.5
135	S. Bernardo	45 52	7 10 »	2478	—9 0	6.2	—1.8
136	Innsbruck	47 16	11 24 »	574	—3.1	17.8	8.1
137	Graz	47 4	15 28 »	371	—2 3	19.9	9.3
138	Ischl	47 43	13 36 »	467	—2.9	17 0	7.5
139	Botzen (Bolzano)	46 30	11 21 »	277	0.5	23.1	12.2

Digitized by Google

	Località	Latitudine	Longit. (Gr.)	Altitudine	Temperatura di Gennaio	Luglio	Anno
140	Klagenfurt	46°37'	14°18' E	440m	— 6°.3	19°.0	7°.3
141	Lubiana	46 3	14 30 »	287	— 2.6	19.7	9.4
142	Agram	45 49	15 59 »	163	— 0.5	22.3	11.3
	Località della Russia e della Siberia Occidentale.						
143	Uleaborg	65 1	25 28 E	10	—10.1	16.6	2.0
144	Helsingfors	60 10	24 57 »	20	— 7.0	16.5	3.9
145	Pietroburgo	59 56	30 16 »	10	— 9.4	17.7	3.6
146	Kronstadt	59 59	29 47 »	20	— 9.8	17.7	3 4
147	Dorpat	58 23	26 44 »	70	— 8.0	17.4	4.3
148	Riga	56 57	24 6 »	10	— 5.2	18.0	6.0
149	Vilna	54 41	25 18 »	120	— 5.5	18.8	6.6
150	Arcangelo	64 33	40 32 »	10	—13.6	15.8	0.4
151	Mosca	55 46	37 40 »	160	—11.1	18.9	3.9
152	Orel	52 57	36 5 »	170	—10.3	19.9	4.8
153	Chief	50 26	30 31 »	180	— 6.0	19.1	6.8
154	Nicolajef	46 58	31 58 »	20	— 4.1	23.0	9.8
155	Odessa	46 29	30 44 »	70	— 3.4	22.7	9.6
156	Sebastopoli	44 37	33 31 »	40	1.9	23.2	12.1
157	Casan	55 47	49 8 »	80	—13.8	19.6	2.9
158	Saratof	51 29	31 18 »	90	—10.2	21.7	5.4
159	Taganrog	47 12	38 59 »	30	— 6.6	21.6	7.6
160	Astracan	46 21	48 2 »	—20	— 7.1	25.5	9.4
161	Orenburg	51 46	55 7 »	110	—15.3	21.6	3.3
162	Taschchent	41 19	69 16 »	450	— 1.7	26.8	13.3
163	Beresof	63 54	65 4 »	30	—22.9	16.7	— 4.5
164	Tobolsc	58 12	68 14 »	50	—19.0	19.2	— 0.1
165	Tomsc	56 30	84 58 »	70	—20.0	19.2	— 0.8
166	Enisseisc	58 27	92 6 »	80	—25.3	20.0	— 2 2
	Asia Orientale extra tropico.						
167	Ustjansc	70 55	136 4 E	10	—41.4	13.4	—15.9
168	Jacutsc	62 1	129 42 »	160	—42.8	18.8	—11.2
169	Ircutsc	52 17	104 22 »	460	—20.5	18.8	— 0.1
170	Nertschinsc	51 19	119 37 »	660	—29.4	18.3	— 3.7
171	Urga	47 55	106 51 »	1150	—26.7	17.7	— 2.5
172	Pechino	39 57	116 29 »	40	— 4.6	26.2	+11 8
173	Zi-ca-vei (Shanghai)	31 13	121 26 »	—	+ 2.1	27.3	+ 15.1
174	Ochotsc	59 21	143 17 »	10	—23.7	13.3	— 5.1
175	Hacodate	41 48	140 47 »	40	— 2.9	22.2	+ 9.2
176	Tocho	35 41	139 47 »	7	+ 2.3	25.5	13.6
177	Decima	32 44	129 42 »	—	+ 5.6	27.3	16 0
	Nord-America al Sud del circolo Polare.						
178	Hebron (Labr.)	58 20	63 30 O	—	—20.6	8.9	— 4 4
179	Rigolet	53 30	58 21 »	—	—18.6	10.9	— 2.9
180	Norway House	53 50	98 0 »	—	—21.7	17.5	— 2.0
181	York Factory	57 0	92 26 »	10	—23.9	13.4	— 5.6
182	Winnipeg	49 55	97 7 »	226	—19.2	19.1	0.6
183	Halifax	44 39	63 35 »	2	— 5 3	17.7	6.0
184	Quebeck	46 49	71 12 »	91	—11 2	20.2	4 2
185	Montreal	45 31	73 33 »	20	— 8.4	22.3	6 8
186	Toronto	43 39	79 23 »	104	— 4.9	19 6	6 8
187	Boston	42 22	71 5 »	21	— 3.4	22.1	9 0
188	Buffalo	42 53	78 52 »	183	— 4.1	20 9	8.1
189	New-York	40 50	73 56 »	8	— 1.0	23.9	11.0
190	Newhaven	41 18	72 57 »	14	— 3.1	22.1	9.4
191	Filadelfia	39 56	75 10 »	12	— 0.4	24.4	11 6
192	Washington	38 53	77 1 »	27	0.2	24.4	12 0
193	Baltimore	39 17	76 37 »	24	0 3	24.2	11.9
194	Charleston	32 47	79 56 »	6	9.8	27.2	18.9
195	Key West	24 33	81 48 »	3	20.7	28.8	25 0
196	Beloit College	42 30	89 11 »	229	— 6.8	22.4	8.0
197	Chicago	41 54	87 38 »	183	— 5.0	21.3	7 7
198	Cincinnati	39 6	84 30 »	165	0 5	25.4	12.6

Digitized by Google

	Località	Latitudine	Longit. (Gr.)	Ititudine	Temperatura di Gennaio	Luglio	Anno
199	Portsmonth	38° 42′	82° 53′ O	164m	0°.6	24°.2	12° 8
200	Springdale	38 7	85 41 »	174	0.1	23.6	12 1
201	New-Orleans	29 56	90 3 »	7	12.7	27.8	20.6
202	Towa City	41 37	91 30 »	190	— 6.7	23.1	8.6
203	S. Antonio. Texas	29 25	98 25 »	180	9.9	29.2	20.9
204	Virginia City. Mont.	45 20	112 3 »	1670	— 8.3	18.7	5.0
205	Ft. Garland. Col.	37 32	105 40 »	2550	— 7.5	19.2	6.1
206	Santa Fè. N. Mex	35 41	106 2 »	2090	— 2.0	22.3	10.3
207	Sitca (Aliasca)	57 3	135 29 »	—	— 1.0	12.5	5 7
208	Tongass	54 46	130 30 »	6	1.1	15.1	8.1
209	Ft. Vancouver	45 40	122 30 »	15	2.8	19.8	11 2
210	Ft. Humboldt	40 45	124 10 »	15	8.5	14.6	11.6
211	Sacramento	38 34	121 26 »	15	8.0	22.7	15.6
212	S. Francisco	37 48	122 25 »	40	9.3	14.4	12.9
213	San Diego	32 42	117 14 »	46	12.0	22.3	16.7
214	Ft. Yuma	32 46	114 44 »	60	13.4	34.6	23 8
	Emisfero Australe. Africa Meridionale al di là del Tropico.						
215	Somerset West	— 34 5	18 52 E	30	22.1	12.4	16.8
216	Capo di Buona Speranza	— 33 56	18 27 »	12	20.6	12.6	16.5
217	Port Elizabeth	— 33 57	25 37 »	73	21.2	14.1	17.6
218	Worcester	— 33 40	19 27 »	240	22.9	11.7	17.1
219	Sutherland	— 32 25	20 40 »	1430	17.6	4.4	10.8
220	Grahamstown	— 33 20	26 33 »	550	21.6	11.7	17.0
221	Graaf Reinet	— 32 16	24 34 »	770	24.3	11.9	18.0
222	Port d'Urban	— 29 50	31 0 »	—	24.0	14.4	19.8
	Australia, Nuova Zelanda, Tasmania.						
223	Brisbane	— 27 27	153 2 E	40	24.6	14.8	20 4
224	Sydney	— 33 51	151 11 »	47	21.8	11.2	17 1
225	Mt Victoria	— 33 36	150 15 »	1064	18.1	3.6	11 2
226	Kiandra	— 35 52	148 32 »	1360	14.3	0.6	7.3
227	Melbourne	— 37 50	144 59 »	28	19.1	8.7	14.1
228	Portland	— 38 20	141 35 »	10	19.2	11.7	15.7
229	Port Albert	— 38 38	146 41 »	10	18.5	8.3	13.6
230	Adelaide	— 34 53	138 39 »	40	23.2	10.8	17.3
231	Alice Springs	— 23 41	133 37 »	560	31.8	13 2	21.1
232	Pert	— 31 57	115 52 »	15	24.1	13.5	18.3
233	Auckland	— 36 50	174 51 »	80	19.9	11.0	15.3
234	Wellington	— 41 16	174 47 »	40	17.3	9.1	13.1
235	Hobarttown	— 42 52	147 27 »	10	17.3	8.8	13.1
	America Meridionale al di là del Tropico.						
236	Palmeira	— 27 54	53 26 O	580	23.2	14.0	18.2
237	Pelotas	— 31 47	52 19 »	—	24.2	12.0	17.8
238	Montevideo	— 34 54	56 13 »	8	22.8	10.9	16.8
239	Salta	— 24 47	65 31 »	1200	21.5	11.3	17.0
240	Cordoba	— 31 24	64 10 »	470	22.8	9.1	16.6
241	Asuncion	— 25 16	57 40 »	100	26.2	17.4	22.4
242	Corrientes	— 27 28	58 49 »	70	26.3	15.8	21.5
243	Buenos Aires	— 34 37	58 21 »	22	24.3	10.4	17.2
244	Bahia Blanca	— 38 45	62 11 »	13	23.1	7 9	15 2
245	Arica	— 18 25	20 22 »	—	22.0	17.3	19 7
246	Valparaiso	— 33 1	71 40 »	50	17.3	11.4	14.2
247	Santiago	— 33 27	70 40 »	530	19.0	7.2	13.1
248	Valdivia	— 39 49	73 17 »	13	16.4	7.2	11.6
249	Punta Arenas	— 53 10	70 52 »	10	10.7	1.6	6.2

Zona tropicale.

Località	latitudine	media temper. annua	Mese più caldo	Mese più fred.	differenze
Sierra Leone	+ 8° 29′	26° 8	Aprile	Agosto	3°.6
Fernando Po	+ 3 46	25.6	Gennajo	Settembre	4.1
Loanda	— 8 49	23.0	Febb.-Marzo	Luglio-Ag.	6.4
S. Elena (2500m)	— 15 55	21.3	Febb-Marzo	Agosto	5.2
Ancober	+ 9 34	13.0	Giugno	Dicembre	5.7

Digitized by Google

Località	Latitudine	Media temper. annua	Mese più caldo	Mese più fred.	Differenze
Chartum (388m)	+ 15° 36	28°.6	Giugno	Gennaio	11°.8
Colombo	+ 6 56	27.4	Aprile	Gennaio	2.1
Madras	+ 13 4	27.9	Maggio	Gennaio	6.1
Calcutta	+ 22 32	24.8	Maggio	Gennaio	10.3
Bombay	+ 18 54	26.1	Luglio	Gennaio	6.4
Rangoon	+ 16 46	26.4	Aprile	Gennaio	4.8
Bangcoc	+ 13 38	26.7	Aprile	Dicembre	4.8
Manila	+ 14 36	26.1	Maggio	Dicembre	3.8
Canton	+ 23 8	20.7	Giugno (?)	Gennaio	15.3
Singapore	+ 1 17	26.7	Maggio	Gennaio	2.0
Batavia	— 6 11	25.9	Mag. Ott.	Genn. Febb.	1.1
Honolulu	+ 21 16	24.1	Agosto	Gennaio	4.4
Papeete	— 17 32	24.8	Gennaio	Luglio	3.0
Numea	— 22 18	23.1	Febbraio	Agosto	7.4
Messico (2266m)	+ 19 26	16.4	Maggio	Gennaio	7.1
Aspinwall	9 21	26.2	Apr. Mag.	Ottobre	0.8
Avana	+ 23 9	25.3	Agosto	Gennaio	5.8
Bogota (2660m)	+ 4 35	14.4	Marzo Nov.	Agosto	1.7
Quito (2850m)	0 14	13.1	Nov-Genn.	Luglio	1.1
Antisana (4060m)	— 0 21	4.9	Gennaio	Luglio-Ag.	3.2
Rio de Janeiro	— 22 54	23.8	Febbraio	Luglio	5.4

FINE DEI PROSPETTI.

Digitized by Google

Digitized by Google